پژوهش و سازندگی

شماره ۶۸، پاییز ۱۳۸۴

در منابع طبیعی

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) ساخته شده از چوب صنوبر (*Pinus nigra*)

• **ابوالفضل کارگرفرد**، استادیار پژوهش موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع
• **عبدالرحمن حسین زاده**، استاد پژوهش موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع
• **امیر نور بخش**، استادیار پژوهش موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع
• **خزعل خواجه**، کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ
• **رضا حاجی حسنی**، دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۸۲ تاریخ پذیرش:آبان‌ماه ۱۳۸۳

Email : Kargarfard@rifr-ac.ir

چکیده

دراین بررسی با استفاده از چوب صنوبر (*P. nigra*) در سه زمان بخار زنی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه و سه زمان پرس ۴، ۵ و۶ دقیقه با استفاده از دو مقدار مصرف چسب ۹ و ۱۱ درصد، تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)[1] به روش خشک تهیه گردید. از ترکیب عوامل فوق ۱۸ ترکیب شرایط به وجود آمد و برای هر ترکیب ۳ تخته (تکرار) و در مجموع ۵۴ تخته ساخته شد. ابعاد الیاف چوب صنوبر اندازه‌گیری و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده با استفاده از آزمون فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج زیر بدست آمد. میانگین طول الیاف و قطر کلی الیاف چوب مورد نظر به ترتیب برابر با ۱۰۸۴و ۲۱,۲۱ میکرون اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل ازاندازه گیری مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده نشان داد که در شرایط زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه، زمان پرس ۶ دقیقه و مصرف چسب ۹ و ۱۱ درصد، خواص فوق‌الذکر نسبت به تیمارهای دیگر در حد مطلوبی قرار دارد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش زمان بخار زنی، چسبندگی داخلی و مدول الاستیسیته تخته‌ها کاهش یافته در حالی که یک رابطه مستقیم بین این خواص با زمان پرس مشاهده گردید. واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در شرایط استفاده از زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه و زمان پرس ۶ دقیقه به حداقل کاهش یافت.

کلمات کلیدی: تخته فیبر با دانسیته متوسط، چوب تبریزی، درصد چسب، زمان بخار زنی، زمان پرس، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

Pajouhesh & Sazandegi No 68 pp: 38-47

Investigation on medium density fiberboard (MDF) properties produced from poplar wood (*P.nigra*)

By: A. Kargarfard; Wood and Paper Science Division, Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, Iran.
A. Hosseinzadeh; Wood and Paper Science Division, Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, Iran.
A. Nourbakhsh ; Wood and Paper Science Division, Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, Iran.
Kh. Khajeh, M. Sc. Wood & Paper Science of Tarbiat Modarres University and R. Hadjihassani, Wood and Paper

Archive of SID

www.SID.ir

Science Division, Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, Iran.

In this investigation, poplar wood (*P. nigra*) for medium density fiberboard (MDF) production and determining of anatomical characteristics of *P. nigra*, mechanical and physical properties of boards have been studied. variables factors such as streaming time in three levels (15, 20 and 25 minutes), press time in three levels (4,5 and 6 minutes) and resin content in two levels (9 and 11 percent) were investigated. The results of this study showed that average fiber length and diameter of the *P. nigra* measured at 1048 and 21.21 μ respectively. The results indicated that with increasing steaming time, internal bonding and modulus elasticity of boards decreased. However these properties with increasing of press time, increased. The maximum bending strength, modulus of elasticity and internal bonding were related to MDF boards produced after 15 minutes steaming time, 6 minutes pressing time and 9 and 11 percent resin consumption. The maximum thickness swelling after 2 and 24 hours soaking in water of boards obtained at the same combination.

Keyword: Medium Density Fiberboard, Poplar, Resin content, Steaming time, Press time, Physical and mechanical properties.

مقدمه

در سال‌های اخیر در اثر صنعتی شدن اکثر کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای مواد اولیه و نهاده‌های تولید رو به افزایش گذاشته است. با توجه به محدود بودن منابع مواد اولیه به ویژه در بخش منابع طبیعی، یکی از مهم‌ترین معضلات جوامع بشری در دهه‌های اخیر، تأمین ماده اولیه چوبی مورد نیاز صنایع رو به گسترش از یک سو و حفظ محیط زیست و منابع محدود جنگلی تأمین کننده چوب از سوی دیگر بوده است. بروز چنین معضلی در اوایل قرن بیستم و حاد شدن آن در اواسط این قرن زمینه ساز انجام تحقیقات گسترده‌ای در جهت به کارگیری فرآیندها و روش‌هایی گردید که توان تولید محصولات مرکب چوبی با استفاده از مواد لیگنوسلولزی نامرغوب جنگلی و ضایعات حاصل از برداشت محصولات کشاورزی را دارند. نتیجه این تحقیقات معرفی فرآورده‌های مرکب چوبی متنوعی مانند تخته خرده چوب، تخته تراشه، تخته ویفر، تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) و دیگر محصولات مشابه در ۵۰ سال اخیر بوده است که هر روز شاهد افزایش تولید و توسعه فناوری‌های جدید در جهت بهبود کیفیت‌این محصولات هستیم. شاید در ابتدای امر به دلیل کاهش تولید چوب آلات مرغوب صنعتی و رشد روزافزون مصرف چوب، تولید صفحات فشرده چوبی قدم به عرصه صنعت گذاشته باشد، ولی‌این صنعت توانست حتی با مصرف مواد اولیه نامرغوب و ارزان قیمت، محصولاتی با کیفیت و مزایای متعدد تولید و به تدریج رشد کمی و کیفی آن را توسعه دهد. در بین اوراق فشرده چوبی، صنایع تخته فیبر با دانسیته متوسط، در سال‌های اخیر از رشد و توسعه قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده است.

تخته فیبر با دانسیته متوسط یا MDF انشعابی از انواع تخته فیبرها می‌باشد که با هر دو روش تر و خشک ساخته می‌شود و معمولاً با دانسیته حدود ۰/۶۵ تا ۰/۸ گرم بر سانتی متر مکعب تولید می‌شود و دارای ساختار همگن، سطوحی صاف و لبه‌های فشرده و متراکم می‌باشد که مانند چوب ماسیو قابلیت برش و ماشین کاری دارند.این محصول را می‌توان با سطوحی که دارای نقوش برجسته چوب بوده و یا با انواع روکش‌های مصنوعی پوشیده شده‌اند در ضخامت‌های ۶ تا ۴۰ میلی متر تولید نمود. این مزایای نسبی باعث گردیده است که در سال‌های اخیر تولید جهانی تخته خرده چوب کاهش و تولید MDF به نحو محسوسی افزایش یابد.

ماده اولیه چوبی از مهم‌ترین عوامل در تولید تخته فیبر با دانسیته متوسط است که در روند راه‌اندازی واحدهای صنعتی نقش اصلی را به عهده دارد. ماده اولیه چوبی می‌بایست در دسترس، با صرفه اقتصادی، دارای ویژگی مناسب آناتومیکی و تکنولوژیکی برای تولید محصول و از همه مهم‌تر در طی زمان‌های طولانی و مستمر امکان استفاده از آن فراهم باشد. دراین میان استفاده از گونه چوبی صنوبر به دلیل دارا بودن مزیت‌هایی از قبیل سریع الرشد بودن، دانسیته پائین، طول الیاف نسبتاً مناسب، رنگ روشن و عدم بهره برداری از جنگل‌های صنعتی برای ساخت تخته فیبر ارجحیت دارد. در سال‌های اخیر نیز در کشورهای مختلف تحقیقات وسیعی در زمینه توسعه صنعت MDF و استفاده از گونه‌های چوبی سریع الرشد در فرآیند تولید آن صورت گرفته است.

Tomimura و همکاران در مطالعه‌ای که بر روی تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته شده از درختان ۴ تا ۵ ساله گونه آکاسیا (*Acacia mangium*) با استفاده از چسب‌های اوره فرم آلدئید، اوره، ملامین فرمآلدئید وایزوسیانات داشتند، عنوان کردند که تخته‌های ساخته شده از گونه چوبی آکاسیا مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بهتری نسبت به تخته‌های ساخته شده از گونه‌های سوزنی برگ داشتند ولی مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها به جز در تخته‌های ساخته شده با چسب‌ایزوسیانات، درحد مطلوب نبودند. نتیجه‌این تحقیق نشان داد که گونه چوبی آکاسیا، یک ماده اولیه بسیار خوب برای ساخت MDF می‌باشد(۱۰).

Roffael و همکاران در بررسی‌های خود بر روی خصوصیات تخته MDF ساخته شده از چوب صنوبرهای جوان(*P. trichocarpa*) به‌این نتیجه رسیدند که تخته فیبرهای ساخته شده از صنوبر ۱۶ ساله عموماً مقاومت‌های مکانیکی بالاتر و واکشیدگی ضخامت کمتری نسبت به تخته فیبرهای ساخته شده از صنوبرهای ۵ ساله از همان کلن را دارا می‌باشند. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد که می‌توان در شرایط مناسب فرآیند

Archive of SID
www.SID.ir

ساخت، از چوب صنوبر جوان،MDF باجرم مخصوص پائین و با خصوصیات مقاومتی قابل قبول تولید کرد(۹). در نتایج حاصل از بررسی‌های Labosky و همکاران آمده است که افزایش فشار بخار محفظه ریفاینر اثر قابل توجهی بر مقاومت تخته MDF و خصوصیات ابعادی آن ندارد. در صورتیکه مقدار مصرف چسب اثر قابل توجهی بر کلیه خصوصیات تخته‌ها دارد به طوریکه مصرف چسب اوره فرم آلدئید از ۶ به ۱۲ درصد موجب افزایش ۱۷۴، ۶۸ و ۴۰ درصدی به ترتیب در مقاومت چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها گردید و از طرف دیگر باعث کاهش ۱۱۳ و ۶۰ درصدی در واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌های ساخته شده گردید. آنها همچنین به‌این نتیجه رسیدند که فاکتور مهم دیگری که بر خصوصیات الیاف و تخته‌های ساخته شده تأثیر می‌گذارد، مقدار رطوبت خرده چوب در طی فرآیند جداسازی الیاف می‌باشد(۷).

Okamoto و همکاران اثرات بخار با فشار بالا بر روی خصوصیات مکانیکی و فیزیکی تخته‌های MDF و همچنین اثرات تیمار بخارزنی بر روی ترکیبات شیمیایی تخته‌های ساخته شده را مورد بررسی قرار دادند و به‌این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان بخارزنی و همچنین افزایش فشار بخارزنی، ثبات ابعادی تخته‌ها بهبود و خصوصیات مکانیکی آن کاهش می‌یابد. آنها بیان می‌دارند که در زمان بخار زنی طولانی تر و فشار بخار بالاتر، کاهش در همی‌سلولز و آلفا سلولز مشاهده می‌شود در صورتی که ترکیب لیگنین تغییر زیادی نمی‌کند(۸).

Dix و همکاران استفاده از چوب صنوبر و اکالیپتوس را در ساخت MDF مورد بررسی قرار داده و به‌این نتیجه رسیدند که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده از چوب صنوبر تابع نوع کلن نبوده و به سن درخت و شرایط پراکنش آن وابسته است. از نظر مقایسه نتایج MDF حاصل از چوب صنوبر با MDF اکالیپتوس، نشان داد که ویژگی‌های مقاومتی تخته‌های حاصل از الیاف صنوبر تا حدودی بهتر از الیاف اکالیپتوس است و واکشیدگی ضخامتی تخته‌های صنوبر کمتر از تخته‌های اکالیپتوس بود(۴). Kuo و همکاران در بررسی‌های خود، خصوصیات تخته فیبر ساخته شده از الیاف چوب و الیاف حاصل از ضایعات لیگنو سلولزی فعالیت‌های کشاورزی که با چسب حاصل از سویا ساخته شده بودند را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش الیاف مواد لیگنو سلولزی کشاورزی و کاهش الیاف چوب در ترکیب ماده اولیه مورد استفاده، تخته‌های ساخته شده ویژگی‌های مکانیکی ضعیف‌تری را از خود نشان دادند. همچنین تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرم آلدئید دارای مقاومت اتصال بهتری نسبت به تخته‌های ساخته شده با چسب پروتئین سویا بودند(۶).

همچنین فرجی نیز با استفاده از باگاس و در شرایط دمای بخار زنی ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد و زمان بخار زنی ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، اقدام به ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط به روش خشک کرد. نتایج حاصل از اندازه گیری مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده از باگاس نشان داد که بالاترین میزان در ویژگی‌های ذکر شده مربوط به تخته‌های ساخته شده در شرایط درجه حرارت بخار زنی ۱۷۰ درجه سانتی گراد و زمان بخار زنی ۵ دقیقه می‌باشد(۲).

مواد و روش‌ها

دراین بررسی با توجه به سوابق تحقیقاتی موجود دراین زمینه، تعدادی از عوامل مربوط به شرایط ساخت، متغیر در نظر گرفته شده است که عبارت بودند از:

۱ - زمان بخار زنی که دراین تحقیق از سه زمان بخار زنی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه برای تیمار حرارتی قبل از جداسازی الیاف استفاده گردید.

۲ - میزان مصرف چسب که از دو سطح ۹ و ۱۱ درصد مصرف چسب (بر اساس وزن خشک الیاف) در ساخت تخته‌ها استفاده شده است.

۳ - همچنین دراین بررسی از سه زمان ۴، ۵ و ۶ دقیقه برای انجام عمل پرس استفاده گردید.

دراین بررسی از گونه چوبی صنوبر (*P. nigra*) برای ساخت MDF استفاده شده است. دیگر عوامل ساخت شامل دمای بخار زنی در سطح ۱۸۰ درجه سانتی گراد، جرم مخصوص تخته در حد ۰/۷ گرم بر سانتی متر مکعب، فشار پرس برابر ۳۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع، رطوبت کیک الیاف درحد ۱۲ درصد، درجه حرارت پرس در سطح ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، ضخامت تخته در حد ۱۰ میلی متر برای تمام تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. دراین بررسی از چسب اوره فرم آلدئید با غلظت ۵۰ درصد و NH_4Cl به عنوان کاتالیزور با مصرف ۱ درصد (بر اساس وزن خشک چسب) استفاده گردید.

اندازه‌گیری ابعاد الیاف

ابعاد الیاف به ویژه طول الیاف و ضخامت دیواره سلولی از ویژگی‌های مهم الیاف در فرآیندهای ساخت کاغذ و تخته فیبر می‌باشد. برای‌اندازه‌گیری ابعاد الیاف از طریق جداسازی الیاف با روش فرانکلین استفاده گردید(۵). میانگین ابعاد الیاف چوب صنوبر (*P. nigra*) در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس میانگین طول و قطر الیاف اندازه‌گیری شده دراین بررسی ضریب لاغری یا درهم رفتگی $(\frac{L}{D})$ صنوبر ۵۱/۱ محاسبه گردید.

آماده سازی الیاف

از صنوبرهای *P. nigra* با سن ۱۳ سال موجود در مجتمع تحقیقاتی البرز کرج، تعداد ۴ اصله انتخاب و اقدام به قطع آنها گردید. پس از حمل درختان قطع شده به آزمایشگاه، اقدام به پوست کنی آنها شد. سپس با استفاده از یک خردکن غلطکی آزمایشگاهی از انواع Pallmann، چوبهای پوست کنی شده تبدیل به چیپس مناسب جهت الیاف گردیدند. چیپس‌های مورد نظر توسط یک دستگاه بخارزن آزمایشگاهی، بخار زنی شده و پس از تخلیه با استفاده از یک پالایشگر آزمایشگاهی با قطر دیسک ۲۵ سانتی متر و با دور موتور ۱۴۵۰ دور در دقیقه طی ۳ مرتبه، پالایش و تبدیل به الیاف شدند.

الیاف پالایش شده پس از خشک شدن در هوای آزاد با استفاده از یک خشک کن گردان و با اعمال درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت حدود ۱ درصد، خشک گردیدند. سپس الیاف خشک شده در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم به نفوذ رطوبت، بسته بندی و برای ساخت تخته نگهداری شدند.

ساخت تخته‌های آزمایشگاهی

برای چسب زنی الیاف از یک دستگاه چسب زن آزمایشگاهی استفاده شد و محلول چسب همراه با کاتالیزور به وسیله یک نازل و با استفاده

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۱- مقادیر میانگین ابعاد الیاف چوب صنوبر مصرفی در ساخت MDF

متغیر	ابعاد (میکرون)
طول الیاف (L)	۱۰۸۴
قطر الیاف(D)	۲۱/۲۱

از هوای فشرده بر روی الیاف که در داخل محفظه چسب پاش در حال چرخش قرار داشتند، پاشیده شده و با آنها کاملاً مخلوط گردید. به منظور تشکیل کیک الیاف از یک قالب چوبی با ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی متر استفاده شد و الیاف چسب زنی شده که بوسیله ترازوی آزمایشگاهی توزین شده بود، به صورت لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند.

پس از تشکیل کیک الیاف، با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی از نوع BURKLE L۱۰۰ اقدام به فشردن کیک الیاف و ساخت تخته فیبرهای آزمایشگاهی گردید. دراین بررسی از ترکیب ۳ متغیر در سطوح مختلف ۱۸ تیمار حاصل شد که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد که در مجموع ۵۴ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. بعد از پایان مرحله پرس، به منظور مشروط کردن و یکنواخت سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی استاندارد (رطوبت نسبی ۱±۶۵ درصد و درجه حرارت ۲۳ درجه سانتی گراد) نگهداری گردیدند.

تهیه نمونه‌های آزمونی برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها با استفاده از یک دستگاه اره گرد انجام گرفته است. تخته‌ها ابتدا کناره بری شده و سپس مطابق استاندارد DIN-۶۸۷۶۳ (۳) برش نمونه‌های تعیین مقاومت خمشی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOE)، مقاومت چسبندگی داخلی (IB) و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب ($T.S_{۲}$ و $T.S_{۲۴}$) انجام گرفته است.

بعد از انجام آزمایشات مکانیکی و فیزیکی بر روی نمونه‌های تهیه شده، نتایج حاصله با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل با سه متغیر و با استفاده از آزمون دانکن و به کمک تکنیک تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده ازاین روش آماری، تأثیر مستقل و متقابل هر یک از عوامل متغیر بر خواص مورد مطالعه در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مقاومتی

تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت شامل زمان بخار زنی، مدت زمان پرس و مقدار مصرف چسب بر کیفیت تخته فیبرهای ساخته شده و ویژگی‌های مقاومتی آن اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده نشان داد که تأثیرمدت زمان بخارزنی و زمان پرس در سطح اطمینان ۹۹ درصد و میزان مصرف چسب در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر مقاومت خمشی معنی دار است. هیستوگرام تغییرات MOR در زمان‌های مختلف بخار زنی در شکل ۱ ارائه شده است و ملاحظه می‌شود که بالاترین مقاومت خمشی در زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه حاصل شده است که در گروه‌بندی دانکن در گروه A قرار گرفت و با افزایش مدت زمان بخار زنی از ۱۵ به ۲۰ و ۲۵ دقیقه، به طور معنی داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد از مقاومت خمشی کاسته شده است. تحقیقات انجام شده دراین زمینه نشان داده است که افزایش بخار زنی باعث هیدرولیز بخشی از همی‌سلولزهای الیاف شده و ساختمان الیاف را ضعیف می‌نماید که به نوبه خود باعث کاهش مقاومت مکانیکی الیاف می‌گردد. در نتیجه کاهش مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده از چنین الیافی مشاهده می‌شود. دراین زمینه، تحقیقات امیری در سال ۱۳۷۶ که امکان ساخت تخته MDF از چوب گونه تاغ را بررسی کرده است نشان داد که زمان بخار زنی کوتاهتر (۵ دقیقه) مقاومت خمشی بیشتری نسبت به زمان بخار زنی بیشتر (۱۰ و ۱۵ دقیقه) در تخته‌های ساخته شده، ایجاد نموده است(۱).

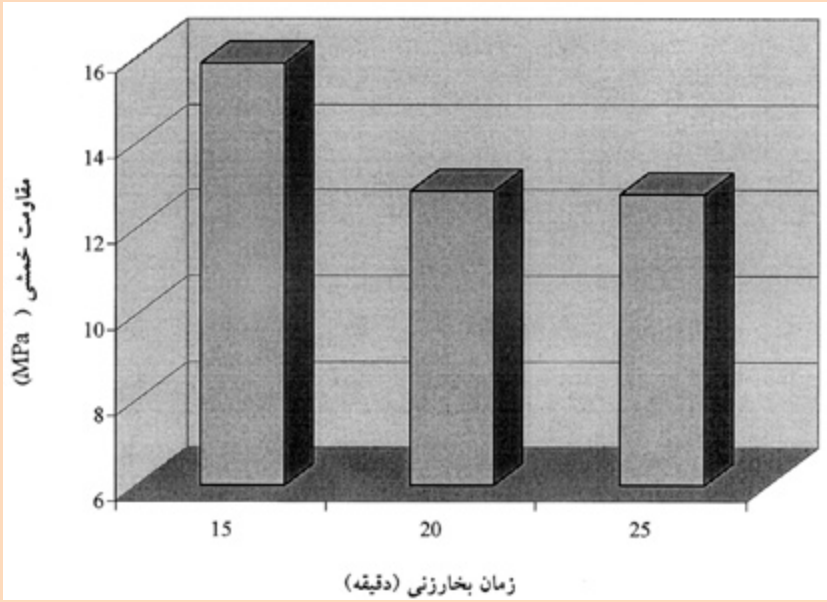
همچنین تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که عامل زمان پرس، تأثیر معنی داری بر مقاومت خمشی داشته و زیادترین مقاومت خمشی در زمان پرس ۶ دقیقه حاصل شده است و در گروه بندی دانکن، در گروهA قرار گرفته است، در صورتی که مقاومت خمشی حاصل از زمان‌های پرس ۴ و ۵ دقیقه کمتر بوده و در گروه بندی دانکن به ترتیب در گروه C و B قرار گرفته است. مقادیر حاصل در زمان‌های مختلف پرس برای مقاومت خمشی به صورت هیستوگرام در شکل ۲ قابل مشاهده است.

تأثیر افزایش زمان پرس در بهبود مقاومت خمشی را می‌توان به دلیل مناسب بودن زمان پرس ۶ دقیقه، برای سخت شدن چسب وایجاد اتصالات کارآمد بین الیاف دانست که موجب بهبود ویژگی‌های مقاومتی تخته از جمله مقاومت خمشی می‌شود.

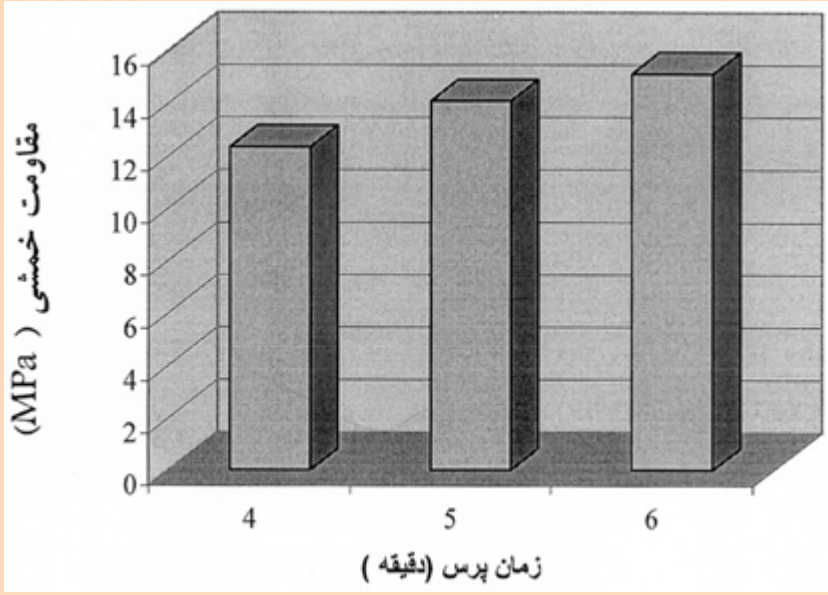
همچنین میانگین مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده با میزان مصرف چسب ۹ و ۱۱ درصد دارای اختلاف معنی داری بودند و بالاترین مقاومت خمشی در تخته‌هایی که با ۱۱ درصد چسب ساخته شده بودند، ملاحظه شد. افزایش میزان مصرف چسب به دلیل‌اینکه سطح بیشتری از الیاف به چسب آغشته میشود، توانایی به وجود آمدن اتصالات بیشتر و کارآمدتر بین الیاف افزایش و باعث بهبود ویژگی‌های خمشی می‌گردد.

نتایج بدست آمده برای مدول الاستیسیته مشابه مقاومت خمشی بود. بطوریکه تأثیر مستقل زمان بخار زنی و زمان پرس براین ویژگی در

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- تأثیر زمان بخار زنی بر مقاومت خمشی



شکل ۲- تاثیر زمان پرس بر مقاومت خمشی

www.SID.ir

سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار بوده و بالاترین مدول الاستیسیته در شرایط استفاده از زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه و زمان پرس ۶ دقیقه حاصل شده است. با افزایش زمان بخار زنی به ۲۵ دقیقه و کاهش زمان پرس به ۴ دقیقه، مقدار مدول الاستیسیته به حداقل کاهش یافت و در گروه بندی دانکن، در گروه C قرار گرفت. در شکل ۳ تغییرات مدول الاستیسیته در شرایط مختلف زمان بخار زنی و زمان پرس مشاهده می‌شود. و ملاحظه می‌گردد که در زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه، با افزایش زمان پرس، مدول الاستیسیته تخته‌ها به شدت افزایش یافته است و در زمان پرس ۶ دقیقه به حداکثر رسیده است. در حالیکه در زمان بخار زنی ۲۰ و ۲۵ دقیقه، با افزایش زمان پرس، روند صعودی مدول الاستیسیته از چنین شدتی برخوردار نیست. جرم مخصوص کم چوب صنوبر و بالا بودن میزان خلل و فرج آن، باعث شده است که زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه برای نرم شدن لیگنین و جداسازی الیاف مناسب بوده و افزایش زمان بخار زنی به ۲۰ و ۲۵ دقیقه، موجب هیدرولیز سلولز و همی‌سلولز الیاف شده و ساختمان الیاف صدمه ببیند و همانطور که مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده را با افت روبرو کرده بود، مدول الاستیسیته را نیز با کاهش روبرو ساخته است. در همین راستا، تحقیقاتی که توسط Okamoto و همکاران (۸) انجام گرفته است، نشان داده است که با افزایش زمان بخار زنی و نیز افزایش بخار، همی‌سلولز و آلفا سلولز کاهش یافته در صورتیکه ترکیبات لیگنین تغییر زیادی نمی‌یابند. از طرف دیگر، الیاف تهیه شده در زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه دچار خسارت آناتومیکی و شیمیایی کمتری بوده و به همین دلیل در تخته‌های ساخته شده با این الیاف در زمان پرس ۶ دقیقه که سخت شدن چسب به نحو مطلوبی به انجام می‌رسد زیادترین مدول الاستیسیته حاصل شده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها نشان داد که هر سه عامل زمان بخار زنی، زمان پرس و درصد مصرف چسب تأثیر تعیین کننده و معنی داری بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده داشته است.

گروه بندی آزمون دانکن برای تغییرات مقاومت چسبندگی داخلی در زمان‌های مختلف بخار زنی در جدول ۲ نشان داده شده است بطوریکه دراین جدول مشاهده می‌شود با افزایش زمان بخار زنی، از مقاومت چسبندگی داخلی کاسته شده است و طبق گروه بندی آزمون دانکن، زیادترین مقدار IB که در گروه A قرار گرفته است مربوط به زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه می‌باشد. زیرا در زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه، الیاف تهیه شده دارای خسارت کمتری بوده و ذرات چسب قرار گرفته بر روی الیاف بطور مؤثرتری درایجاد اتصال شرکت کرده و در نتیجه مقاومت چسبندگی بالاتری را ایجاد می‌کنند.

نتایج همچنین نشان داد که با افزایش زمان پرس از ۴ به ۵ و ۶ دقیقه، مقدار مقاومت چسبندگی داخلی افزایش یافته است واین افزایش IB در زمان پرس ۶ دقیقه به حداکثر رسیده است. (شکل ۴). افزایش زمان پرس باعث می‌گردد که چسب قرار گرفته بر روی الیاف لایه میانی کاملاً سخت گردیده و الیاف موجود دراین لایه، توسط اتصالات محکم و کارآمد به هم متصل شوند که موجب افزایش مقاومت چسبندگی داخلی شده است.

ویژگی‌های فیزیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها نشان داد که اثر زمان پرس براین ویژگی معنی دار است و افزایش زمان پرس موجب کاهش واکشیدگی ضخامت تخته‌ها شده است. به طوریکه بالاترین مقدار واکشیدگی ضخامت در زمان پرس ۴ دقیقه مشاهده می‌شود. بهبود میزان واکشیدگی ضخامت با افزایش زمان پرس ارتباط مستقیمی‌با افزایش مقاومت چسبندگی داخلی و بهبود مقاومت اتصال در زمان پرس طولانی تر دارد زیرا بهبود مقاومت اتصال به ویژه در لایه میانی موجب کاهش واکشیدگی ضخامت تخته‌ها شده است.

همچنین تأثیر متقابل زمان بخار زنی و زمان پرس بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها معنی دار بوده است.در جدول ۳ گروه بندی دانکن تأثیر متقابل‌این دو عامل بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت آورده شده است، با نگاهی به‌این جدول و شکل ۶ ملاحظه می‌شود که در هر سه زمان بخار زنی اعمال شده، با افزایش زمان پرس، از واکشیدگی ضخامت تخته‌ها کاسته شده است و تحت شرایط استفاده از زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه و زمان پرس ۶ دقیقه، حداقل واکشیدگی ضخامت بوجود آمده است.

به حداقل رسیدن خسارت وارده به الیاف در زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه و سخت شدن مطلوب چسب در زمان پرس ۶ دقیقه، باعث گردیده است که حداقل میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت دراین شرایط حاصل شده باشد و حداکثر واکشیدگی ضخامت در شرایط زمان بخار زنی ۲۵ دقیقه و زمان پرس ۴ دقیقه مشاهده گردید (جدول ۳).

نتایج همچنین نشان داد که تأثیر متقابل میزان مصرف چسب و زمان پرس بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت معنی دار است و در میزان مصرف ۱۱ درصد چسب مقدار واکشیدگی ضخامت کمتر از مصرف ۹ درصد چسب بود و در هر دو سطح مصرف چسب با افزایش زمان پرس از مقدار واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت کاسته شده است.

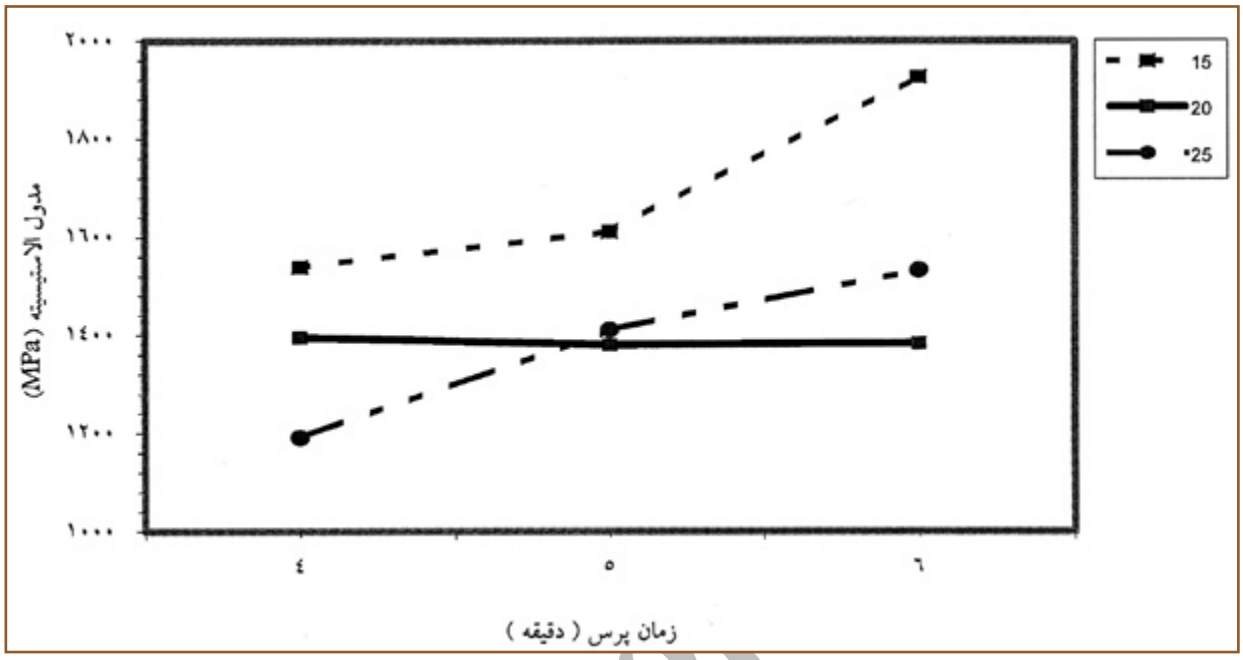
نتیجه‌گیری

دراین بررسی خصوصیات آناتومیکی چوب صنوبر (*P. nigra*) اندازه‌گیری شد و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر MDF ساخته شده از آن در شرایط مختلف زمان بخار زنی، زمان پرس و میزان مصرف چسب با استفاده ازآزمون فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن به شرح زیر بود:

میانگین طول و قطر کلی الیاف به ترتیب برابر ۱۰۸۴ و ۲۱/۲۱ میکرون محاسبه گردید که می‌توان بیان داشت صنوبر (گونه شالک) به لحاظ داشتن الیاف نسبتاً مناسب در میان پهن برگان از خصوصیات خوبی برای صنعت MDF برخوردار می‌باشد.

نتایج حاصل ازاندازه‌گیری مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده نشان داد که در شرایط استفاده از زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه، زمان پرس ۶ دقیقه در هر دو میزان مصرف چسب مورد استفاده، بالاترین مقاومت خمشی را بوجود آورده است. نتایج همچنین نشان داد که افزایش زمان بخار زنی باعث کاهش و افزایش زمان پرس از ۴ به ۶ دقیقه باعث افزایش مقاومت خمشی تخته‌ها شده است. بطوریکه در زمان بخار زنی

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳ – تاثیر متقابل زمان بخار زنی و پرس بر مدول الاستیسیته

جدول ۲- گروه بندی آزمون دانکن برای تأثیر مستقل زمان بخار زنی بر مقاومت چسبندگی داخلی

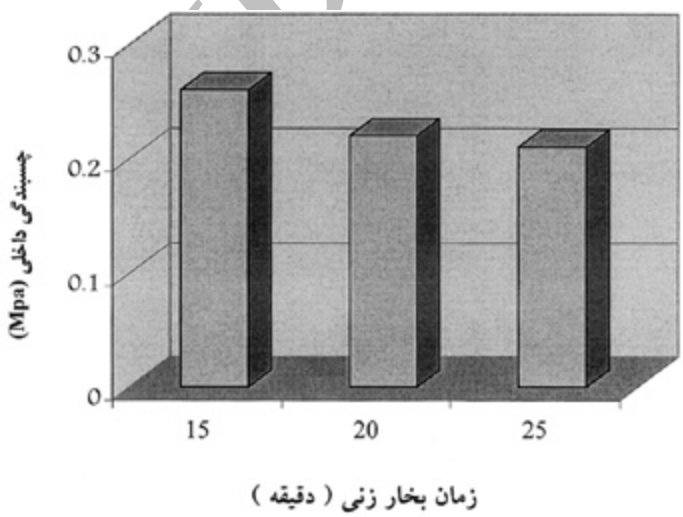
گروه بندی دانکن	مقاومت چسبندگی داخلی(Mpa)	زمان بخار زنی(min)
A	۰/۲۶	۱۵
B	۰/۲۲	۲۰
B	۰/۲۱	۲۵

www.SID.ir

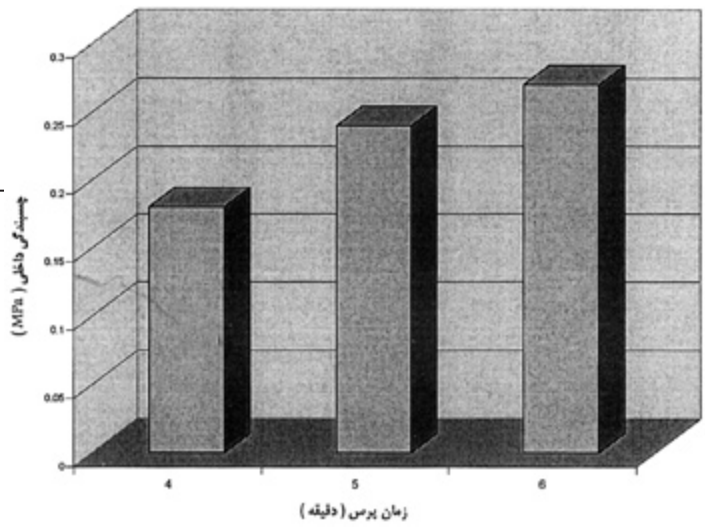
۱۵ دقیقه و زمان پرس ۶ دقیقه، بالاترین مقاومت خمشی در تخته‌های ساخته شده مشاهده گردید.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته شده نیز شباهت زیادی به مقاومت خمشی داشته و کمترین مقدار مدول الاستیسیته در شرایط استفاده از زمان بخار زنی ۲۵ دقیقه، زمان پرس ۴ دقیقه و میزان مصرف چسب ۹ درصد حاصل شد. تحقیقات انجام شده قبلی نیز توسط دیگر محققان نشان داده بود که افزایش زمان بخار زنی در صدمه دیدن الیاف مؤثر بوده و افزایش زمان پرس نیز در بهبود مقاومت اتصال و سخت شدن چسب مؤثر می‌باشد و به همین دلیل در شرایط استفاده از حداقل زمان بخار زنی و حداکثر زمان پرس، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها افزایش معنی داری یافته است.

نتایج حاصل ازاندازه‌گیری مقاومت چسبندگی داخلی نشان داد که افزایش زمان بخار زنی باعث کاهش‌این مقاومت شده است ولی افزایش زمان پرس از ۴ به ۶ دقیقه، مقاومت چسبندگی داخلی را افزایش داده است. بطوریکه در زمان پرس ۶ دقیقه، بالاترین میزان مقاومت چسبندگی داخلی مشاهده گردید. تأثیر متقابل زمان بخار زنی و میزان مصرف چسب بر مقاومت چسبندگی داخلی معنی دار بوده و افزایش میزان مصرف چسب در هر سه زمان بخار زنی تأثیر مثبتی بر مقاومت چسبندگی داخلی داشته است و در شرایط زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه و میزان مصرف چسب ۱۱ درصد بالاترین مقدار چسبندگی داخلی دیده شد.

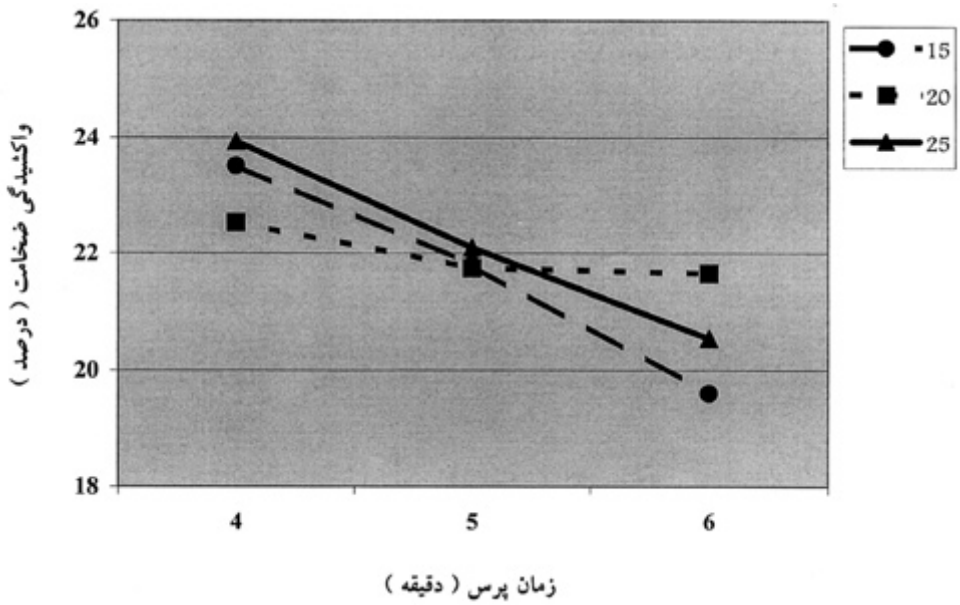


شکل ۴ – تاثیر زمان پرس بر مقاومت چسبندگی داخلی



شکل ۵ – تاثیر متقابل زمان بخار زنی و پرس بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۶ – تاثیر متقابل زمان بخارزنی و پرس بر واکشیدگی صخامت ۲۴ ساعت

جدول ۳- گروه بندی دانکن برای تأثیر متقابل زمان بخار زنی و زمان پرس بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت

زمان بخار زنی (min)	زمان پرس (min)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	گروه‌بندی دانکن
۱۵	۴	۲۳/۵۱	A
	۵	۲۱/۷۹	BC
	۶	۱۹/۶	D
۲۰	۴	۲۲/۵۳	AB
	۵	۲۱/۷۴	BC
	۶	۲۱/۶۵	BC
۲۵	۴	۲۳/۹۳	A
	۵	۲۲/۰۹	BC
	۶	۲۰/۵۴	CD

www.SID.ir

نتایج حاصل از اندازه‌گیری واکشـیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطـه‌وری در آب تخته‌ها نشـان داد که حداقل واکشـیدگی ضخامت در شرایط استفاده از زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه، زمان پرس ۶ دقیقه و در هر دو میزان مصرف چسب ۹ و ۱۱ درصد حاصل شده است که با حداکثر مقاومت چسبندگی داخلی بدست آمده دراین شرایط، هماهنگی دارد.

نتایج بدسـت آمده از این بررسـی نشـان داد که بطور کلی به منظور احراز بهترین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی برای تخته‌های MDF سـاخته شـده از چوب صنوبر (*P. nigra*)، بهترین شرایط سـاخت، زمان بخار زنی ۱۵ دقیقـه، زمان پـرس ۶ دقیقه و میزان مصرف چسـب ۹ درصد (از نظر اقتصادی) می‌باشد.

همچنین پیشنهاد می‌گردد که در بررسی‌های تکمیلی، گونه‌های دیگر صنوبـر و گونه‌های سریع‌الرشـد مانند اکالیپتوس تحت شـرایط زمان‌های کوتاه‌تر بخار زنی برای ساخت MDF مورد استفاده و تحقیق قرار گیرند.

پاورقی

1- Medium Density Fiberboard

منابع مورد استفاده

۱ - امیری، ش. ۱۳۷۶؛ بررسی امکان ساخت تخته MDF از چوب تاغ. پایان نامه کارشناسـی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲ - فرجـی، ح.ر. ۱۳۷۷؛ بررسـی خصوصیات تخته MDF از بـاگاس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

3- DIN standard (No 68763). 1990; Flat pressed particleboard for use in building construction.

4- Dix, B.; Thole, V. Martuzky, R.. 1999; Poplar and eucalyptus wood as raw material for wood-based panels in industrial end uses of fast-grown species: 93-102 (Stefano Berti Nicola. Macehioni. Martino, Negri Emanuela, Rachelli. Edt).

5- Franklin , G. L.. 1954; A rapid method of softening wood for microtome sectioning. tropical woods. P: 36 – 88 .

6- Kuo, M.; Adams, D.; mayers, D.; Curry, D.; Heemstra, H.; Smith, J.L.; Bian, Y.. 1998; Properties of wood/agricultural fiberboard bonded with soybeam-based adhesive. Forest Product J.48 (2): 71-75.

7- Labosky, P.; Jr. RD Yobp, JJ,; Janowiak, PR,; Blakenho, M.. 1993; Effect of steam Pressure refining and resin levels on the properties of UF-boarded red maple MDF. Forest product J.43 (11-12)82-88. 28 ref.

8- Okamoto, H.; Sano, S.; Kawai, H.. 1994; Production of dimensionally stable medium density fiberboard by use of high-pressure steam pressing wood. Research Society 40(4): 380-389. 15 ref.

9- Roffael, E.; Dix, D,; Khoo, KC.; ong, CL,; Lee, TW. .1992; Medium Density Fiberboard (MDF) from young poplar (P. trichocarpa) of different properties. Holzforschung J.46(2).163-170.

10- Tomimura, Y.; Khoo. KC.; Suzuki, I.. 1987; Manufacture of medium density fiberboard from Malaysian Acacia mangium. Mokuzia Gakkaishi Journal of the Japan wood Research Society 33(4). 335-338. 3 ref.

Archive of SID

www.SID.ir