بررسی ویژگی‌های کیفی تخته خرده چوب ساخته شده با چسب ایزوسیانات (MDI)[1]

اصغر طارمیان[2] کاظم دوست حسینی[3]

چکیده

در این بررسی ساخت تخته خرده چوب با چسب ایزوسیانات مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور ارزیابی قابلیت چسبندگی چسب ایزوسیانات با مواد معدنی، الیاف پسماند کارخانه چوب وکاغذ مازندران (CMP, NSSC)،حاوی تقریبا ۲۸درصد مواد معدنی،در چهار سطح صفر،۳۰،۱۵و٤٥درصد در مخلوط با خرده چوب مورد استفاده قرار گرفت.دو نوع تخته همسان و سه لایه، که الیاف پسماند در لایه‌های سطحی تخته به کار رفت، ساخته شد.چسب ایزوسیانات در دو سطح ۳ و ٤ درصد مورد استفاده قرار گرفت. بقیه عوامل نظیر فشار پرس، درجه حرارت پرس، رطوبت کیک، دانسیته و ضخامت تخته به عنوان عوامل ثابت در نظرگرفته شدند. بعد از ساخت نمونه‌های آزمونی، خواص فیزیکی و مکانیکی آنها شامل مقاومت خمشی و برشی، جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ٢٤ ساعتی اندازه‌گیری شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که افزایش مقدار چسب ایزوسیانات از ۳ درصد به ٤ درصد باعث بهبود کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی می‌شود. افزایش الیاف پسماند مقاومت خمشی و برشی تخته‌ها را به طور جزئی کاهش داد در مقابل واکشیدگی ضخامت تخته‌ها اندکی بهبود یافت. کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت در تخته خرده چوب‌های سه لایه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: *الیاف پسماند، چسب ایزوسیانات، تخته خرده چوب همسان، تخته خرده چوب سه لایه، مقاومت برشی، مقاومت خمشی، جذب آب، واکشیدگی ضخامت.*

۱-تاریخ دریافت: ۸۲/۸/۳۰ ، تاریخ پذیرش: ۸۳/۲/۲۸

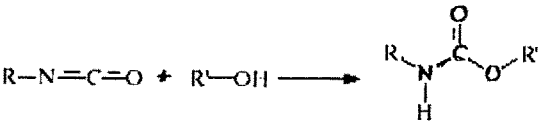
۲-دانشجوی دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران(E_mail:Asghar_Tarmian@yahoo.com)

۳-استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

مقدمه

امروزه استفاده از چسب ایزوسیانات در ساخت فرآورده‌های مرکب چوبی به علت مزایای فراوان آن، از جمله مقاومت بالا به جذب آب، زمان پرس کوتاه و قابلیت چسب‌زنی خرده چوب‌های مرطوب، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۳و۴). ۴،۴ دی فنیل متان دی ایزوسیانات (MDI) بهترین نوع دی ایزوسیانات برای ساخت تخته خرده چوب است. مقدار مصرف کم چسب ایزوسیانات (در حد ۳ تا ۴درصد) در مقایسه با سایر چسب‌ها مانند چسب اوره فرمالدهید و چسب فنل فرمالدهید از مزایای دیگر آن است. مسئله قیمت بالای چسب ایزوسیانات با زمان کوتاه‌تر پرس و مصرف کم چسب به مقدار زیادی جبران می‌گردد (۱). مقاومت کم تخته خرده چوب ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید به جذب آب، کاربرد آن را در خارج از ساختمان محدود کرده است. ساخت تخته خرده چوب با چسب ایزوسیانات امکان کاربرد این فراورده را در خارج از ساختمان فراهم می‌سازد. از امتیازات دیگر این چسب، ویسکوزیته پایین آن است، به طوری‌که نیازی به رقیق کردن ندارد و به راحتی اسپری می‌شود. واکنش‌هایی که بین ایزوسیانات و چوب در پرس گرم رخ می‌دهد، هنوز به طور کامل شناخته نشده است، با وجود این واکنش‌های زیر به عنوان دو واکنش مهم ایزوسیانات در فرایند ساخت تخته خرده چوب مطرح هستند:

۱- واکنش با گروه‌های هیدروکسیل لیگنین و سلولز:



۲- واکنش با آب :

تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش مقدار چسب ایزوسیانات خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها بهبود می‌یابد (۵). و نمونه‌های ساخته شده با چسب ایزوسیانات در مقایسه با نمونه‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید جذب آب ،واکشیدگی ضخامت ۲ ساعتی و چسبندگی داخلی کمتری دارند (۶). با شناخت از خواص مناسب چسب ایزوسیانات برای تولید پانل‌های چوبی از مازاد کشاورزی، که حاوی مواد معدنی بالا مانند سیلیس می‌باشند (۵)، به منظور ارزیابی این ویژگی چسب ایزوسیانات از الیاف پسماند کارخانه چوب و کاغذ مازندران، حاوی تقریبا ۲۸ درصد مواد معدنی، در ساخت تخته خرده چوب استفاده گردید. هدف از این بررسی ساخت تخته خرده‌چوب با چسب ایزوسیانات به منظور ارزیابی قدرت اتصال چسب مذکور با الیاف پسماند حاوی مواد معدنی زیاد و بهبود پایداری ابعاد تخته‌های حاصل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از چسب ایزوسیانات در دو سطح ۳ و ۴ درصد استفاده شد. چسب ایزوسیانات مصرفی ۴،۴- دی فنیل متان دی ایزوسیانات (MDI) بود. الیاف پسماند کارخانه چوب و کاغذ مازندران(NSSC، CMP [۲])در چهار سطح صفر ،۱۵،۳۰و۴۵درصد مورد استفاده قرار گرفت و دو نوع تخته همسان و لایه‌ای، که الیاف پسماند در لایه سطحی به کار رفت، ساخته شد. عوامل زیر به عنوان فاکتورهای ثابت درنظر گرفته شد:

-**رطوبت الیاف پسماند:** ثابت و برابر با۹درصد تنظیم شد.

-**نوع خرده چوب:** برای ساخت تمام تخته‌ها از خرده چوب‌های مصرفی کارخانه تخته فشرده شمال، مخلوط گونه‌های جنگلی و مرکبات، استفاده شد.

-**رطوبت خرده چوب:** از خرده‌چوب‌های مرطوب با رطوبت ۸ درصد استفاده شد.

-**رطوبت کیک:** ثابت و برابر ۸ درصد تنظیم شد.

-**دمای پرس:** ثابت و برابر با ۱۸۰°C.

-**زمان پرس:** ثابت و برابر ۴ دقیقه در نظر گرفته شد.

-**فشار پرس:** برای ساخت تمام تخته ها از فشار پرس ۳۰کیلوگرم برسانتیمتر مکعب استفاده شد.

۱- خمیر سولفیت خنثی نیمه شیمیایی

۲- خمیر شیمیایی - مکانیکی

-دانسیته و ضخامت تخته: تمام تخته‌ها با ضخامت ۱۵ میلیمتر و دانسیته ۰/۷۵گرم بر سانتیمتر مکعب ساخته شدند.

دانسیته چسب مصرفی مطابق استاندارد Bison Quality Control۷۴۰۱۱۰ و ویسکوزیته آن مطابق استاندارد DIN ۵۳۲۱۱ اندازه‌گیری شد.

درصد مواد جامد چسب ایزوسیانات برابر ۱۰۰ می‌باشد و زمان ژله‌ای شدن آن اندازه‌گیری نمی‌شود. ویژگی‌های چسب مصرفی در جدول (۱) ارایه شده است.

جدول۱- مشخصات رزین ایزوسیانات(MDI) مصرفی

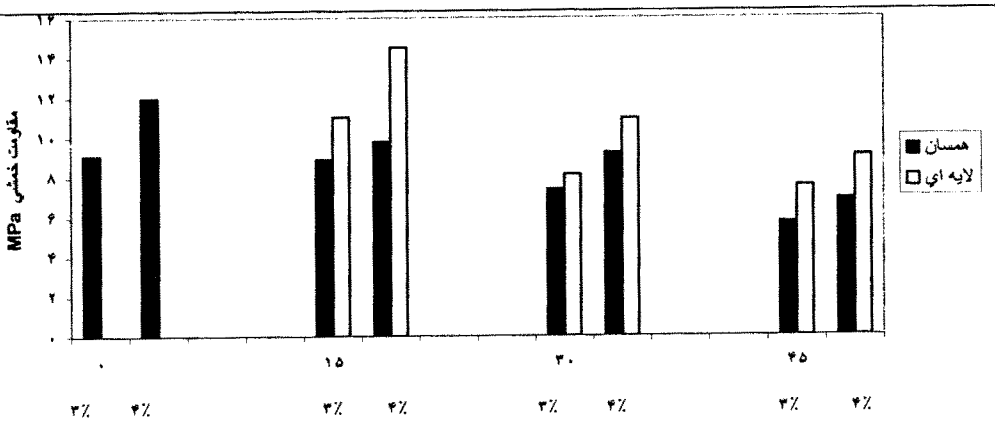
ویژگی	مواد جامد (٪)	ویسکوزیته (CP)	زمان ژله‌ای شدن (S)	دانسیته (gr/cm^3)
میانگین	۱۰۰	۳۰۰	-	۱/۲۷

وجود آب در چسب زنی با چسب ایزوسیانات اختلال ایجاد می‌کند، بنابراین قبل از چسب زنی، دستگاه چسب زن و استوانه چسب‌زنی می‌بایستی کاملا خشک باشند. چسب در مدت چند ثانیه بر روی خرده چوب‌ها و الیاف پسماند اسپری شد ولی به منظور دستیابی به چسب‌زنی کافی و مناسب، فرایند مخلوط کردن خرده چوب‌ها و الیاف پسماند توسط استوانه چسب زن به مدت ۶ دقیقه انجام گرفت. یکی از مشکلات مربوط به اسپری کردن چسب ایزوسیانات گرفتگی روزنه چسب زن است که برای رفع این مشکل، چسب زن پس از هر بار چسب زنی با استن شسته شد. برای جلوگیری از چسبیدن تخته‌ها به صفحات پرس از فویل آلومینومی بر روی کیک ذرات استفاده شد. بعد از ساخت، برای رسیدن به رطوبت تعادل، نمونه‌های آزمونی به مدت ۳ هفته در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. برش نمونه‌ها بر اساس استاندارد DIN ۶۸۷۶۳ انجام گرفت. مقاومت خمشی مطابق استاندارد DIN ۵۲۳۶۲ و مقاومت برشی مطابق استاندارد ASTM D۱۰۳۷ و مقادیر جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری مطابق استاندارد DIN ۵۲۳۶۴ اندازه‌گیری شدند. در این بررسی از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد صورت گرفت و تاثیر مستقل و متقابل هر یک از عوامل متغیر بر روی صفات مذکور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

مقاومت خمشی

یکی از خواص مهم تخته خرده چوب که در مصارف مختلف اهمیت دارد، مقاومت خمشی است. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد و بین عوامل متغیر الیاف پسماند و چسب هر کدام به صورت مستقل به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که افزایش مقدار چسب باعث بهبود مقاومت خمشی می‌شود و با افزایش مقدار الیاف پسماند مقاومت خمشی کاهش می‌یابد. بالاترین مقاومت خمشی مربوط به نمونه لایه‌ای ساخته شده با ۱۵درصد الیاف پسماند و ۴ درصد چسب ایزوسیانات بود. شکل (۱) اثر متقابل مقدار چسب، الیاف پسماند و نوع تخته را بر مقاومت خمشی نشان می‌دهد.



شکل ۱- تاثیر متقابل الیاف پسماند، مقدار مصرف چسب و نوع تخته بر مقاومت خمشی

مقاومت برشی

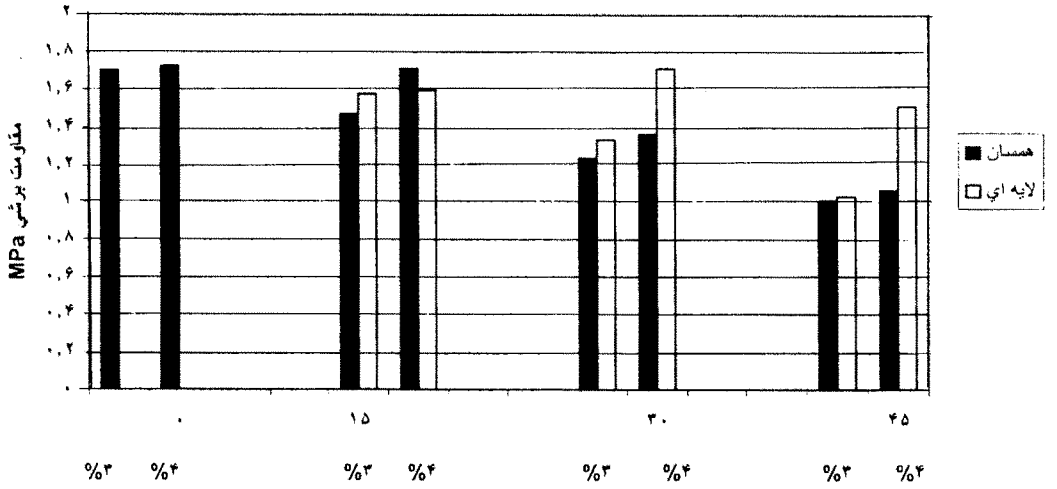
مقاومت برشی همبستگی بالایی با چسبندگی داخلی تخته دارد و معرف کیفیت لایه‌های میانی تخته می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین تیمارها و هریک از عوامل متغیر به صورت مستقل و متقابل اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. نتایج آزمون دانکن حاکی از آن است که افزایش الیاف پسماند باعث افت مقاومت برشی و افزایش مقدار چسب باعث بهبود این مقاومت می‌شود. تخته‌های سه لایه مقاومت برشی بالاتری داشتند. بالاترین مقاومت برشی مربوط به نمونه همسان ساخته شده با ۱۵ درصد الیاف پسماند و ۴ درصد چسب ایزوسیانات بود. شکل (۲) اثر متقابل الیاف پسماند، چسب و نوع تخته را بر مقاومت برشی نشان می‌دهد.

جذب آب پس از ۲و۲۴ ساعت غوطه‌وری

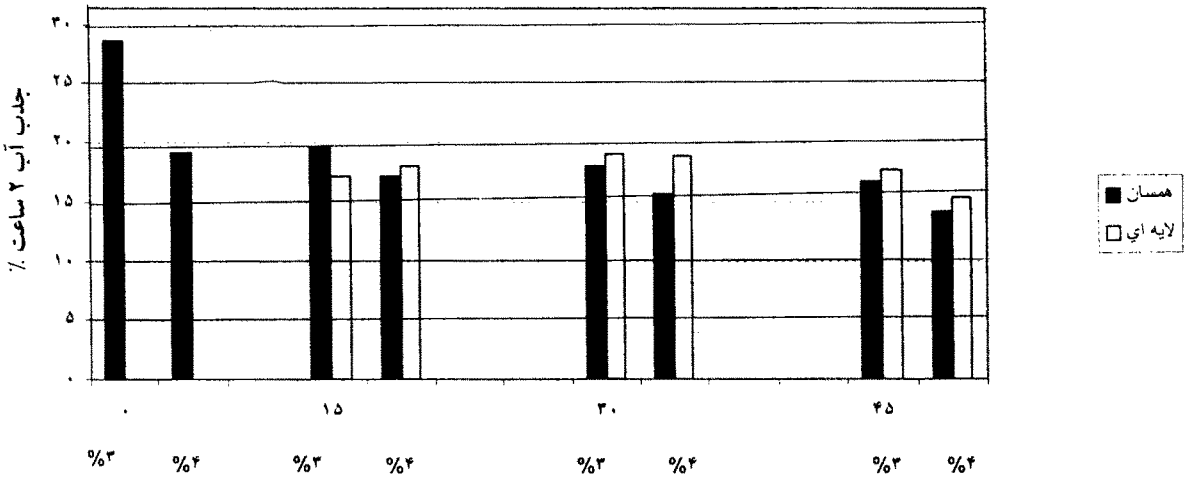
مقدار جذب آب تخته‌ها به خصوص در مصارف خارج از ساختمان بسیار حایز اهمیت است و با توجه به اینکه یکی از اهداف استفاده از چسب ایزوسیانات بهبود خاصیت جذب آب تخته‌ها می‌باشد، به این منظور جذب آب نمونه‌های ساخته شده اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین تیمارها و هر یک از عوامل متغیر به صورت مستقل و متقابل اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. افزایش مقدار چسب ایزوسیانات باعث بهبود خاصیت جذب آب نمونه‌ها شد. کمترین مقدار جذب آب۲ ساعتی مربوط به نمونه همسان ساخته شده با ۴۵ درصد الیاف پسماند و ۴ درصد چسب ایزوسیانات و کمترین مقدار جذب آب ۲۴ ساعتی مربوط به نمونه سه لایه ساخته شده با ۱۵ درصد الیاف پسماند و ۴ درصد چسب ایزوسیانات بود. شکل (۳ و ۴) به ترتیب تاثیر متقابل درصد الیاف پسماند، چسب و نوع تخته را بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعتی نشان می‌دهد.

واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعتی غوطه وری در آب

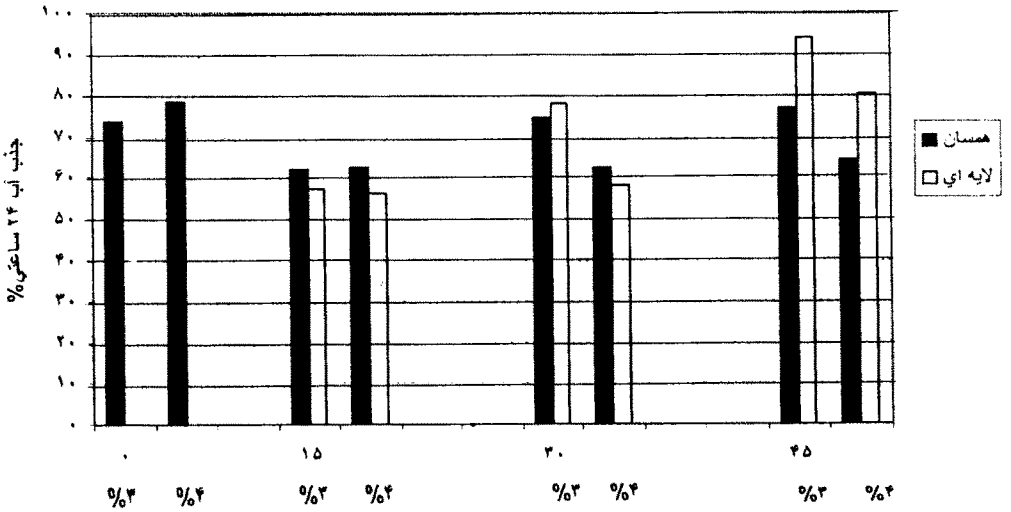
ثبات ابعاد تخته خرده چوب با آزمون واکشیدگی ضخامت تعیین می‌شود. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین تیمارها و هریک از عوامل متغیر هر کدام به صورت مستقل و متقابل اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. نتایج آزمون دانکن حاکی از آن است که افزایش مقدار چسب ایزوسیانات باعث کاهش واکشیدگی ضخامت می‌شود. واکشیدگی ضخامت تخته‌های سه لایه کمتر از تخته‌های همسان بود. نتایج همچنین نشان می‌دهد که افزایش الیاف پسماند واکشیدگی ضخامت تخته‌ها را به طور جزیی کاهش می‌دهد. کمترین واکشیدگی ضخامت ۲ ساعتی مربوط به نمونه همسان ساخته شده با ۴۵درصد الیاف پسماند و ۴ درصد چسب ایزوسیانات و کمترین واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعتی مربوط به نمونه سه لایه ساخته شده با ۴۵ درصد الیاف پسماند و ۴ درصد چسب ایزوسیانات بود. شکل‌های (۵ و ۶)به ترتیب تاثیر متقابل درصد الیاف پسماند، چسب و نوع تخته را بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعتی نشان می‌دهد.



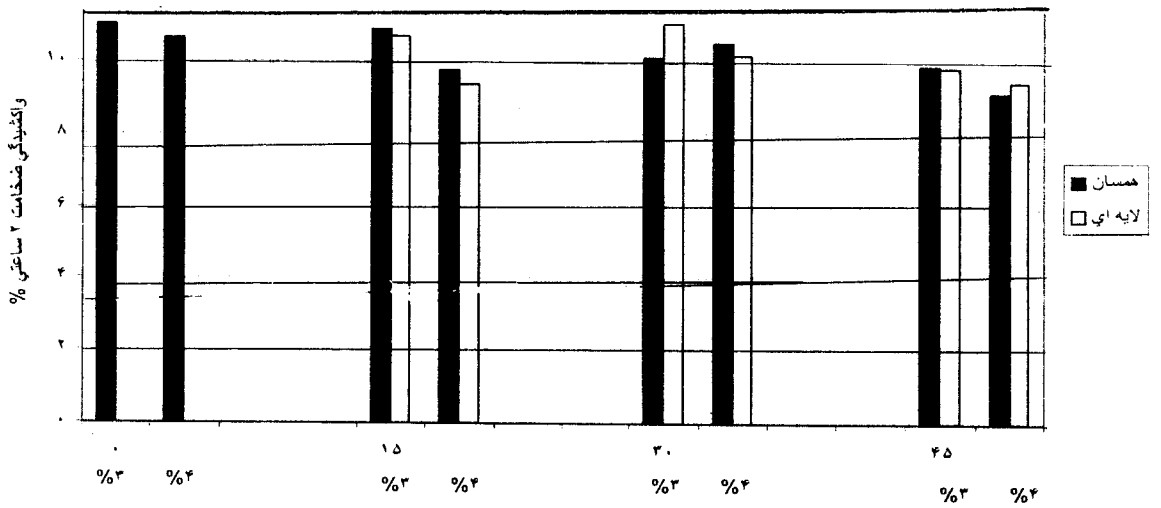
شکل۲-تاثیر متقابل الیاف پسماند ،مقدار مصرف چسب و نوع تخته بر مقاومت برشی



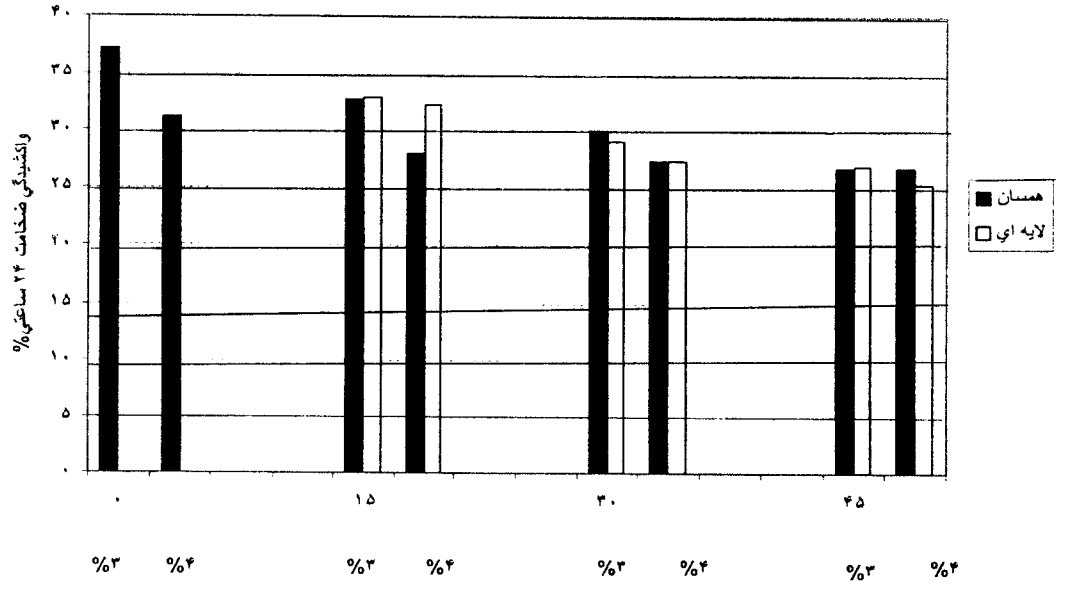
شکل ۳- تاثیر متقابل درصد الیاف پسماند، مقدار مصرف چسب و نوع تخته بر جذب آب ۲ ساعتی



شکل ٤- تاثیر متقابل درصد الیاف پسماند، مقدار مصرف چسب و نوع تخته بر جذب آب ۲٤ ساعتی



شکل۵- تاثیر متقابل درصد الیاف پسماند، مقدار مصرف چسب و نوع تخته بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعتی



شکل ٦- تاثیر متقابل درصد الیاف پسماند، مقدار مصرف چسب و نوع تخته بر واکشیدگی ضخامت ٢٤ ساعتی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که تخته خرده چوب ساخته شده با چسب ایزوسیانات در زمان غوطه وری کوتاه مدت ثبات ابعاد خوبی دارد و افزایش مقدار چسب ایزوسیانات از ۳ درصد به ۴ درصد ثبات ابعاد تخته‌ها را بهبود می‌بخشد. ثبات ابعاد تخته‌ها از روانی بالای چسب ایزوسیانات و در نتیجه اندود شدن کامل سطوح چوب و الیاف پسماند با این چسب، ناشی می‌شود. گروه‌های عاملی ایزوسیانات برای تشکیل پلی اوره در دمای بالا با آب موجود در چوب واکنش داده و با آزاد کردن دی اکسید کربن باعث کف کردن رزین می‌شوند. به این دلیل رزین ایزوسیانات با وجود مقدار مصرف کم، پوشش مناسبی روی ذرات چوب ایجاد می‌کند، از طرفی ساختار شیمیایی چسب ایزوسیانات و کم بودن تعداد گروه‌های عاملی آن سبب می‌شود که تخته‌های ساخته شده با این چسب مقاومت بالایی به جذب آب داشته باشند. تخته‌های ساخته شده بعد از مرحله پرس گرم به شدت دچار واکشیدگی برگشت ناپذیر[1] شدند، بنابراین بر خلاف انتظار واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعتی

۱-Spring Back

تخته‌ها اندکی از حد معمول بالاتر بود که علت این واکشیدگی، رطوبت پایین کیک خرده چوب و عدم پلیمریزاسیون کامل چسب می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد که با تنظیم شرایط پرس و در نتیجه پلیمریزاسیون کامل چسب بتوان به ثبات ابعاد مطلوبی در زمان غوطه وری دراز مدت دست یافت. افزایش الیاف پسماند مقاومت خمشی و برشی تخته‌ها را به مقدار جزیی کاهش داد.کاهش جزیی در مقاومت‌های مکانیکی به ویژه مقاومت برشی، نشان دهنده قدرت اتصال چسب ایزوسیانات با مواد معدنی موجود در الیاف پسماند است، اتصال مناسب چسب ایزوسیانات با مواد معدنی از واکنش‌پذیری بسیار بالای گروه ایزوسیانات‌ها ناشی می‌شود. به طور کلی دو واکنش مهم ایزوسیانات‌ها یعنی واکنش با گروه‌های هیدروکسیل چوب و واکنش با آب به عملکرد این چسب در بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها کمک می‌کند. نتایج این تحقیق امکان چسب‌زنی خرده چوب‌های مرطوب را با چسب ایزوسیانات نشان می‌دهد لذا به منظور کاهش هزینه‌های چوب خشک کنی پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعدی تاثیر سطوح مختلفی از رطوبت کیک در عملکرد این چسب مورد مطالعه قرار گیرد. به نظر می‌رسد که برای یافتن شرایط بهینه ساخت تخته خرده چوب با چسب ایزوسیانات هنوز به تحقیقات بیشتری نیاز است و لازم است که سطوح مختلفی از متغیرهای دما، زمان و فشار پرس نیز مورد آزمون قرار گیرد.

منابع

۱ـ دوست حسینی، کاظم، ۱۳۸۰. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۸ ص.

۲ـ میرشکرایی، سید احمد، ۱۳۷۴. تکنولوژی خمیر و کاغذ، جلد ۱و۲ (ترجمه)، دانشگاه پیام‌نور، تهران.

3- Deppe H.J. and K.Ernst,Holz Roh.Werkst.29(2):45(1971).

4- Deppe, H.J. 1977. proc.11th.particleboard Symp.,washington State University ,pullman Wash.

5-Terry Sellers, Jr. 1996. Lignocellulosic-Based Composites Made of Core from Kenaf, An Annual Agricultural Crop, International Union of Forestry Research Organizationslast updates: 07-Aug-01 - Comments to IUFRO 5.05.01 Web Moderator.

6-Xiaoqun Mo, 2003. Physical Properties of Medium-density Wheat Straw Particleboard Using Different Adhesives, Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, 201 Shellenberger Hall, Manhattan, KS 66506, USA.

An Investigation of Practical Properties of Particleboard Produced with Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI)

A. Tarmian[1] K.Doosthoseini [2]

Abstract

In this investigation, particleboard manufacturing with the use of Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI) adhesive has been studied. In order to evaluate the bonding efficiency of MDI with inorganic materials, paper sludge of Mazandaran wood and paper industries (CMP ,NSSC) ,containing inorganic about 28 percent, was mixed with wood chips at 0,15,30 and 45 percent by weight. Single-layer particleboard as well as three–layer particleboard (paper sludge as a surface layer) were produced. Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI) adhesive was applied in two levels of 3 and 4 percent. Other factors such as, press pressure, press time, mat moisture, thickness and board density were the invariable factors. Physical and mechanical properties including bending strength, shear strength, thickness swelling and water absorption after 2 and 24 hours of immersion were tested. The results revealed improvement in all board properties resulted from more adhesive use. Using more paper sludge caused a slight decrease in shear and bending strengths while a slight improvement in thickness swelling. The lowest thickness swelling was observed in the three–layer particleboard.

Keywords: Paper sludge, Methylene diphenyl diisocyanate (MDI), Single-layer particleboard, Three–layer particleboard, Bending strength, Shear strength,Water absorption, Thickness swelling.

[1] - *Ph.D. Scholar, in Wood & Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources,University of Tehran (E_mail:Asghar_Tarmian@yahoo.com)*

[2] -*Professor, in Wood & Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources,University of Tehran*