قابل دسترس در نشانی: http://jips.ippi.ac.ir

مجله علوم و تکنولوژی پلیمر،
سال بیست و یکم، شماره ۲،
صفحه ۱۰۵-۹۹، ۱۳۸۷
ISSN : 1016-3255

بررسی خواص تخته خرده ساخته شده با پوسته برنج و رزین اوره - فرمالدهید با استفاده از دی‌ایزوسیانات

جواد ترکمن[1]، سید مهدی فاطمی[2]

۱ - صومعه سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، صندوق پستی ۱۱۴۴

۲ - رشت، پارک علم و فناوری گیلان، صندوق پستی ۴۱۶۳۵/۱۷۱۹

دریافت: ۸۵/۱۱/۷، پذیرش: ۸۶/۱۱/۱۳

چکیده

در این بررسی، با استفاده از پوسته برنج و رزین اوره - فرمالدهید در مقادیر ۷، ۸، ۹ و ۱۰ درصد (براساس وزن خشک پوسته برنج) تخته خرده ساخته شده است. برای بهبود چسبندگی از ۴، ′۴ - دی فنیل دی‌ایزوسیانات به مقدار ۱ و ۲ درصد به جای رزین اوره - فرمالدهید استفاده شده است. با اندازه‌گیری خواص مکانیکی (استحکام خمشی و چسبندگی داخلی) و فیزیکی (جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲ و ۲۴ h غوطه‌ورسازی) اثر مقدار رزین اوره - فرمالدهید و دی‌ایزوسیانات بر چسبندگی ارزیابی شده است. تجزیه واریانس نتایج به وسیله نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون دانکن انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار رزین اوره - فرمالدهید و جایگزینی بخشی از آن با دی‌ایزوسیانات تمام خواص مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها بهبود می‌یابد. به طورکلی، بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی در تخته ساخته شده با ۱۰ درصد رزین (۸ درصد اوره - فرمالدهید و ۲ درصد دی‌ایزوسیانات) به دست آمده است.

واژه‌های کلیدی

رزین اوره - فرمالدهید، دی‌ایزوسیانات، پوسته برنج، استحکام خمشی، چسبندگی داخلی

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار:
j_torkaman@yahoo.com

Investigating the Properties of Rice Husk/Urea Formaldehyde Resin Particleboard by Using Diisocyanate

J. Torkaman[1*] and S.M. Fatehmy[2]

1. Faculty of Natural Resources, University of Guilan, P.O. Box:1144, Sowmehsara, Iran
2. Guilan Science and Technology Park, P.O. Box: 41635/1719, Guilan, Iran

Received 27 January 2007; accepted 2 February 2008

Abstract

In this study, the particleboard was made with rice husk and urea formaldehyde resin of 7, 8, 9 and 10 percent (based on dry weight of rice husk). To improve mechanism of bondability a definite amount of isocyanate resin is introduced to replace the same amount of urea formaldehyde resin. The effect of urea formaldehyde resin and diisocyanate content on bondability was evaluated by studying the mechanical properties (bending strength, internal bond strength) and physical properties (thickness swelling and water absorption). Data were statistically analyzed with SPSS software and comparison was made on the mean values employing a Dancan test to identify which groups were significantly different from the rest. Generally the results have shown that all mechanical and physical properties of particleboards improve with increasing urea formaldehyde resin content and its partial replacement with diisocyanate as well. In this study the best mechanical and physical properties of particleboard were obtained with 10 percent resin (the sum of 8 percent urea formaldehyde resin and 2 percent diisocyanate).

Key Words

urea formaldehyde resin, diisocyanate, rice husk, bending strength, internal bond

(*) To whom correspondence should be addressed.
E-mail: j_torkaman@yahoo.com

مقدمه

رزین‌های اوره ـ فرمالدهید در سال‌های ۱۹۳۰ رشد و توسعه یافتند و اندکی پس از آن در سراسر جهان به طور گسترده در ساخت صفحات چوبی مورد استفاده قرار گرفتند. رزین‌های اوره ـ فرمالدهید در شرایط اسیدی بر اثر کاهش pH پلیمر می‌شوند. در فرایند پلیمرشدن رزین اوره ـ فرمالدهید دو مجموعه واکنش تراکمی روی می‌دهد و یک شبکه سه بعدی با پیوندهای عرضی محکم از درشت مولکول‌ها تشکیل می‌شود [۳-۱]. رزین‌های اوره ـ فرمالدهید به علت واکنش سریع، قیمت کم و چسبندگی خوب کاربرد زیادی دارند. همچنین، ترکیبات مزبور محدودیت‌هایی نظیر انتشار فرمالدهید و مقاومت کم نسبت به رطوبت دارند که می‌توان با بهبود فرمول‌بندی بر این محدویت‌ها فایق شد [۴].

با توجه به افزایش جمعیت و افزایش مصرف چوب و فراورده‌های کاغذ در کشورهای توسعه یافته، تمایلات جدیدی در تولید و پژوهش روی ساخت تخته با الیاف کشاورزی به وجود آمده است. پوسته برنج به طور طبیعی دارای ساختار فیبری است که برای تهیه آن به انرژی کمی نیاز است. بنابراین، مناسب بودن آن برای ساخت تخته خرده چوب به کمک مطالعات زیادی بررسی شده است [۵]. اما، تخته خرده ساخته شده با پوسته برنج جنبه تجارتی به خود نگرفته است. برای ساخت تخته خرده با پوسته برنج به منظور دست‌یابی به خواص مناسب نسبت به تخته خرده چوب به مقدار رزین بیشتری نیاز است [۶]. دلیل نیاز زیاد به رزین برای اتصال ذرات پوسته برنج کاملاً مشخص نشده است. اما، مقایسه بین چوب و پوسته برنج نشان می‌دهد که پوسته برنج دارای هولوسلولوز کمتر و مقدار خاکستر بیشتری نسبت به چوب است [۷]. سیلیس ترکیب عمده خاکستر پوسته برنج است [۸]. سیلیس تقریباً سطح خارجی پوسته برنج را پوشانده است که باعث ایجاد خاصیت آب‌گریزی در آن می‌شود [۹]. لایه سیلیس و به طور کلی سطح آب‌گریز پوسته برنج با رزین اوره ـ فرمالدهید سازگاری ندارد و مانع از تشکیل اتصال خوب بین سطوح پوسته برنج می‌شود. برای استفاده از مواد اولیه‌ای که چسب‌پذیری مطلوبی ندارند، نظیر پسمانده‌های کشاورزی (کاه وکلش غلات، نی و شلتوک برنج) کاربرد ایزوسیانات برای تولید صفحاتی با خواص کاربردی مطلوب توصیه شده است [۱۰]. بنابراین، برای تولید صفحات با کیفیت مطلوب از پوسته برنج، نیاز به بهبود چسبندگی است. اغلب برای تقویت صفحات از رزین اوره ـ فرمالدهید و برای افزایش مقاومت اتصال و مقاومت به آب آن از ملامین استفاده می‌شود. اخیراً از ایزوسیانات با واکنش‌پذیری زیاد برای اصلاح رزین اوره ـ فرمالدهید استفاده شده است. استفاده از رزین‌های اصلاح شده با ایزوسیانات در ساخت صفحات چوبی باعث بهبود خواص مقاومتی آنها می‌شوند [۱۴-۱۱].

ساخت صفحات با استفاده از اسفنج پلی‌یورتان به عنوان ماده اتصال‌دهنده نشان می‌دهد که با این روش می‌توان تخته‌هایی با ثبات ابعادی زیاد و خواص مقاومتی مناسب تولید کرد. اسفنج پلی‌یورتان در نتیجه واکنش بین یک مولکول ایزوسیانات (R-NCO) و یک ماده مرکب دارای اتم‌های هیدروژن واکنش‌پذیر حاصل می‌شود. در تولید اسفنج پلی‌یورتان این احتمال وجود دارد که ترکیبات سلولوزی با در اختیار گذاشتن گروه‌های هیدروکسیل موجود در زنجیر سلولوزی در واکنش شرکت کنند. احتمالا گروه‌های OH- با NCO- ایزوسیانات ترکیب شده و تشکیل پلی‌یورتان را تسریع می‌کنند [۱۵،۱۶]. گزارش شده است که ایزوسیانات در ساخت کامپوزیت‌های الیافی مقاوم به آب به کار می‌رود. واکنش بین لیف و ایزوسیانات در زیر نشان داده شده است [۱۷]:

$$R\text{-}N{=}C{=}O + HO\text{-لیف} \longrightarrow R\text{-}\underset{H}{N}\text{-}\underset{O}{C}\text{-}O\text{-لیف} \qquad (1)$$

طارمیان و کاظم دوست حسینی در یک بررسی با استفاده از خرده چوب و الیاف پسماند کارخانه چوب و کاغذ مازندران به عنوان ماده اولیه و رزین ایزوسیانات در دو سطح ۳ و ۴ درصد دو نوع تخته هم‌سان و سه لایه ساختند. نتایج نشان می‌دهد، با افزایش مقدار رزین ایزوسیانات از ۳ به ۴ درصد، تمام خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها بهبود یافته است. الیاف پسماند استحکام خمشی و برشی تخته‌ها را به طور جزیی کاهش می‌دهد [۱۸]. بنابراین، ممکن است آثار مفید مشابهی نیز در اتصال ذرات پوسته برنج داشته باشد. بنابراین، هدف این بررسی بهبود چسبندگی رزین اوره ـ فرمالدهید با دی‌ایزوسیانات در ساخت تخته خرده از پوسته برنج است.

تجربی

مواد

دراین بررسی از پوسته برنج تهیه شده از کارخانه برنج‌کوبی روستای فشتام رشت و رزین اوره ـ فرمالدهید گرگان و آمونیوم‌کلرید به عنوان سخت‌کننده و ۴، ′۴ ـ دی فنیل دی‌ایزوسیانات (MDI) شرکت Merck آلمان استفاده شد.

دستگاه‌ها

برای ساخت تخته، دستگاه پرس هیدرولیک Burkle مدل LA-160،

جدول ۱ـ ابعاد ذرات پوسته برنج.

ماده اولیه	طول (mm)	عرض (mm)	ضخامت (mm)	نسبت منظر (٪)	ضریب پهنی	ضریب ظاهری
پوسته برنج	۹/۷	۱/۶	۰/۱۶	۶۰/۶	۱۰	۶

برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی دستگاه Instron و برای بررسی خواص فیزیکی کولیس و ترازو به کار گرفته شد.

روش‌ها

رطوبت پوسته برنج مورد نیاز با خشک کردن به ۴-۳ درصد کاهش داده شد. برخلاف چوب در استفاده از پوسته برنج نیازی به دستگاه خردکن نیست و تمام ذرات پوسته برنج یک دست و تقریباً هم اندازه‌اند. ابعاد پنجاه عدد پوسته با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۲ mm به طور تصادفی اندازه‌گیری شد که مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است.

مشخصات رزین اوره ـ فرمالدهید و دی‌ایزوسیانات مورد استفاده نیز درجدول ۲ آورده شده است.

ساخت تخته

برای ساخت تخته با پوسته برنج، ابتدا رزین اوره ـ فرمالدهید در مقادیر ۷، ۸، ۹ و ۱۰ درصد وزن خشک پوسته روی ذرات افشانده شد. به منظور بهبود اتصال ذرات، از دی‌ایزوسیانات به مقدار ۱ و ۲ درصد به جای رزین اوره ـ فرمالدهید استفاده شد. در رزین‌های اوره ـ فرمالدهید برای ایجاد اتصالات عرضی و شبکه‌ای شدن نیاز به سخت‌کننده است که در این بررسی به مقدار ۳ درصد وزن ماده جامد رزین از آمونیوم کلرید استفاده شده است. با استفاده از قالب چوبی کیک تشکیل شد و برای رسیدن به تخته‌های با ضخامت ۱۵ mm نمونه‌ها داخل پرس زیر بار ۳۰ kPa/cm^3 و دمای ۱۷۰°C به مدت ۶ min قرار گرفتند (جدول۳). از هر نمونه سه تخته با چگالی ۰/۷ g/cm^3 و ابعاد ۱۲×۴۰×۴۰ mm به دست آمده است.

جدول۲ـ خواص رزین‌های اوره ـ فرمالدهید و ایزوسیانات.

نوع چسب	چگالی (g/cm^3)	مقدار ماده جامد (٪)	pH	گرانروی (cp)
اوره ـ فرمالدهید*	۱/۲	۵۶	۶/۸	۱۷۰
دی‌ایزوسیانات	۱/۲۷	۱۰۰	-	۳۰۰

* دراین رزین نسبت فرمالدهید به اوره ۱/۸ به یک است

تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد که در مجموع با ۹ نمونه و سه تکرار ۲۷ تخته ساخته شده است. برای دست‌یابی به اندازه‌های مورد نظر، خواص مکانیکی (استحکام خمشی و چسبندگی داخلی) با استفاده از دستگاه Instron و خواص فیزیکی (جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲ و ۲۴ h غوطه‌ورسازی) با استفاده ازکولیس و ترازو مطابق استاندارد DIN-68761 اندازه‌گیری شد (جدول ۴). تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری خواص مکانیکی و فیزیکی به وسیله نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها نیز به کمک آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص مکانیکی (استحکام خمشی و چسبندگی داخلی) و خواص فیزیکی (جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲ و ۲۴h غوطه‌ورسازی) در شکل‌های ۱ تا ۸ نشان داده شده است. نتایج حاصل از نمونه‌ها با نتایج نمونه شاهد (control) که با ۱۰

جدول ۳ـ عوامل ثابت ومتغیر مورد مطالعه.

شماره تخته	نوع رزین	دمای پرس (°C)	زمان پرس (min)	رطوبت کیک (٪)
۱	٪۱۰UF(شاهد)	۱۷۰	۶	۱۲
۲	٪۹ UF +٪۱ ISO	"	"	"
۳	٪۸UF+٪۲ISO	"	"	"
۴	٪۸ UF +٪۱ISO	"	"	"
۵	٪۷UF +٪۲ISO	"	"	"
۶	٪۷UF +٪۱ISO	"	"	"
۷	٪۶UF +٪۲ISO	"	"	"
۸	٪۶UF +٪۱ISO	"	"	"
۹	٪۵UF +٪۱ISO	"	"	"

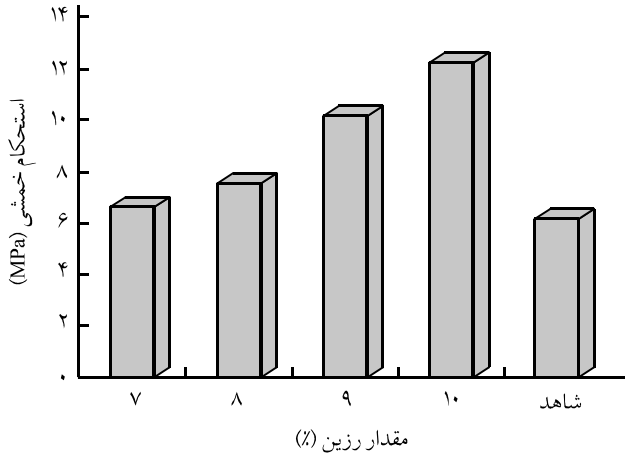
جدول ۴ـ ابعاد و تعداد نمونه های آزمون.

نوع آزمایش	ابعاد (mm)			تعداد نمونه در هر تکرار	تعداد نمونه در هر آزمون
	طول	عرض	ضخامت اسمی		
استحکام خمشی	۲۵۰	۵۰	۱۵	۴	۱۲
چسبندگی داخلی	۵۰	۵۰	۱۵	۴	۱۲
جذب آب و تورم در ضخامت	۲۵	۲۵	۱۵	۴	۱۲

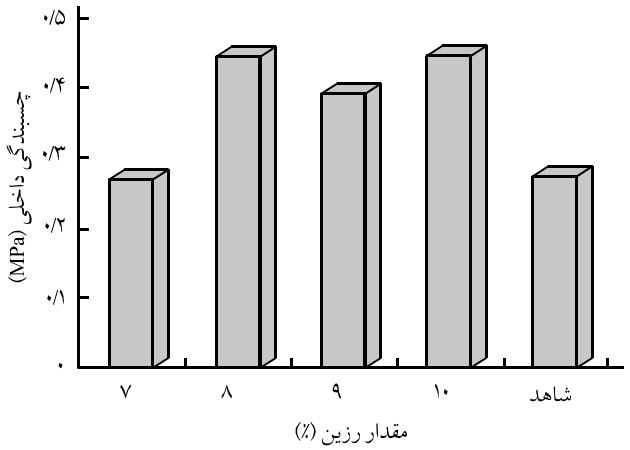
درصد رزین اوره ـ فرمالدهید ساخته شده است، مورد مقایسه قرارگرفت.

در ساخت تخته خرده چوب استفاده از ۱۰ درصد رزین اوره ـ فرمالدهید متداول است.کاربرد رزین بیش از این مقدار باعث افزایش هزینه تولید وکمتر از این مقدار نیز باعث کاهش خواص مقاومتی تخته می‌شود. با بهبود فرمول‌بندی چسب در مقادیر کمتر آن همان طور که این بررسی نشان داده است، می‌توان به خواص فیزیکی و مکانیکی مشابهی دست یافت.

با توجه به شکل‌های ۱ و ۲، خواص مکانیکی (چسبندگی داخلی، ۰/۲۷ MPa و خمشی، ۶/۰۸ MPa) تخته‌های ساخته شده با ۱۰ درصد اوره ـ فرمالدهید به عنوان شاهد کمترین مقدار را دارند. استحکام خمشی به نوع و ساختار ذرات ارتباط دارد و چسبندگی داخلی ذرات نیز به اتصال ذرات به یک دیگر از طریق رزین بستگی دارد. هرچه ذرات محکم‌تر به هم متصل شده باشند، چسبندگی داخلی بیشتر است. با مقایسه ساختار ذرات پوسته برنج با ذرات چوب می توان به این اختلاف پی برد. طول فیبر پوسته برنج در حدود ۰/۳ mm است که در مقایسه با



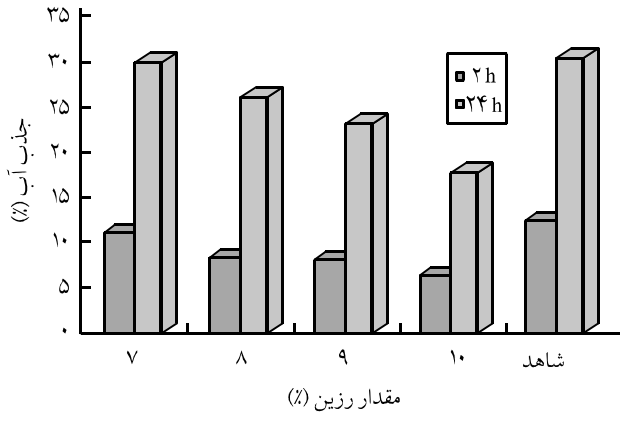
شکل ۱ـ اثر مقدار رزین بر استحکام خمشی.



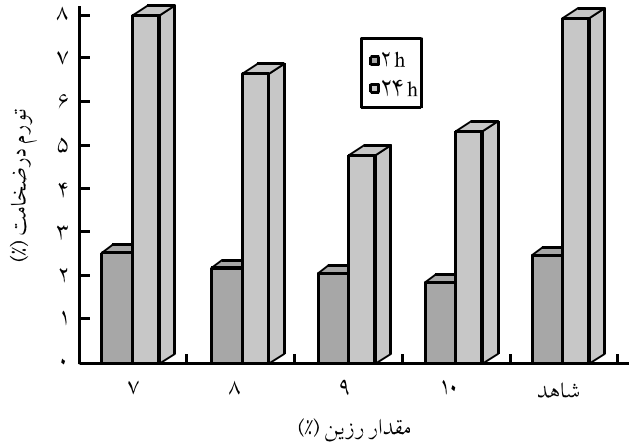
شکل ۲ـ اثر مقدار رزین بر چسبندگی داخلی تخته.

ذرات چوب (۷-۶ mm) طول آن خیلی کمتر است. پوسته برنج دارای حدود ۲۰ درصد سیلیس است که بخش عمده آن در سطوح بیرونی پوسته متمرکز است. این امر باعث ناسازگاری آن با رزین اوره ـ فرمالدهید می‌شود. با توجه به شکل‌های ۵ و ۶ جایگزین کردن رزین اوره ـ فرمالدهید با دی‌ایزوسیانات به مقدار ۱ و۲ درصد باعث افزایش استحکام خمشی و چسبندگی داخلی شده است. بین دو مقدار جایگزینی نیز در سطوح ۱ و۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. خواص مکانیکی تخته خرده تهیه شده از ساقه گندم با رزین ایزوسیانات ۳-۱۰ برابر بیشتر از تخته‌ای است که از ساقه گندم با رزین اوره ـ فرمالدهید تهیه شده است [۱۹].

با توجه به شکل‌های ۷ و ۸ با افزایش جایگزینی رزین اوره ـ فرمالدهید با دی‌ایزوسیانات مقدار جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲ و ۲۴ h غوطه‌ورسازی کاهش می‌یابد که این اختلاف برای تورم در ضخامت



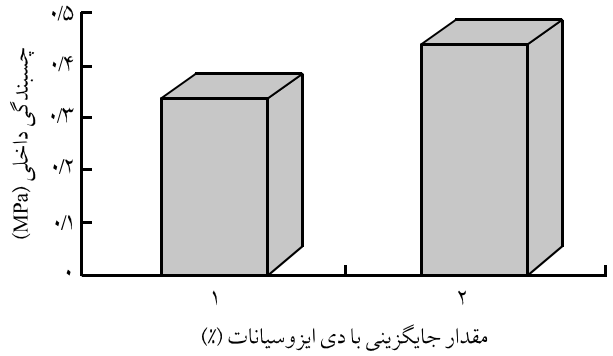
شکل ۳ـ اثر مقدار رزین بر مقدار جذب آب تخته.



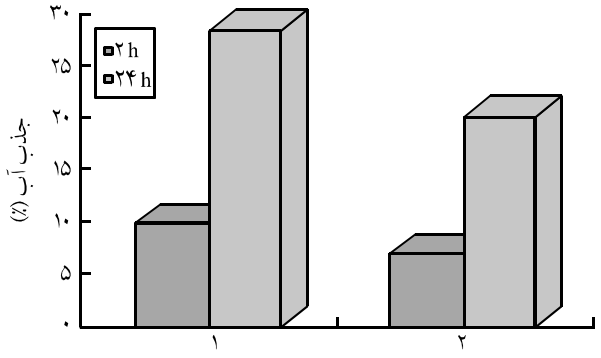
شکل ۴ـ اثر مقدار رزین بر تورم در ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ h غوطه ورسازی.

پس از ۲ و ۲۴ h غوطه‌ورسازی بین دو مقدار جایگزینی در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار نیست. کم بودن جذب آب و تورم در ضخامت تخته‌های ساخته شده با پوسته برنج نسبت به ذرات خرده چوب، بیشتر به دلیل کم بودن هولوسلولوز (سلولوز و همی‌سلولوز) و بیشتر بودن خاکستر پوسته برنج در مقایسه با چوب است. با توجه به شکل‌های ۱ تا ۴ افزایش مقدار رزین اوره ـ فرمالدهید در ساخت تخته با پوسته برنج باعث افزایش استحکام خمشی و چسبندگی داخلی می‌شود و در کاهش جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲ و ۲۴ h غوطه‌ورسازی مؤثر است. به طور کلی، بهترین خواص مکانیکی (استحکام خمشی، ۱۶/۳۴ MPa و چسبندگی داخلی، ۰/۵۳ MPa) و فیزیکی (جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲۴ h غوطه‌ورسازی) به ترتیب ۱۵/۱۷ و ۴/۳ درصد به دست آمده است که مربوط به استفاده از ۱۰ درصد رزین شامل

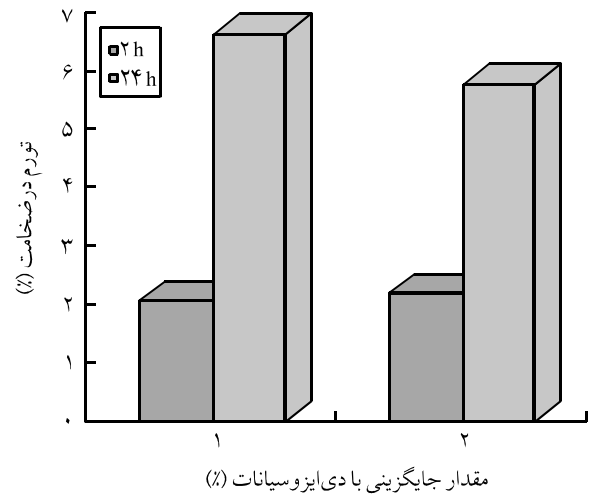
شکل ۵ـ اثر مقدار جایگزینی با دی‌ایزوسیانات بر استحکام خمشی.



شکل ۶ـ اثر مقدار جایگزینی با دی‌ایزوسیانات بر چسبندگی داخلی تخته‌ها.



شکل ۷ـ اثر مقدار جایگزینی با دی‌ایزوسیانات بر جذب آب تخته‌ها.



شکل ۸ـ اثر مقدار جایگزینی با دی‌ایزوسیانات بر تورم در ضخامت تخته‌ها.

۸ درصد اوره ـ فرمالدهید و ۲ درصد دی‌ایزوسیانات است (تخته ۳). براساس شرایط استاندارد ملی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استحکام خمشی، چسبندگی، جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲۴ h غوطه‌ورسازی تخته خرده چوب به ترتیب ۱۸ MPa، ۰/۴ MPa، ۶۵ و ۱۵ درصد است [۲۰]. کلیه خواص برای بهترین تخته ساخته شده با پوسته برنج در این بررسی بیشتر از شرایط استاندارد ایران برای تخته خرده چوب است، به جز این که استحکام خمشی برای این تخته ۲ MPa کاهش نشان می‌دهد. همان طور که قبلاً اشاره شد کم بودن استحکام خمشی به علت اختلاف در ساختار ذرات پوسته برنج و ذرات چوب است.

نتیجه‌گیری

به طورکلی بهترین نتیجه‌ای که در این بررسی از ساخت تخته خرده از پوسته برنج به دست آمده است، در استفاده از ۱۰ درصد رزین (۸ درصد اوره ـ فرمالدهید و ۲ درصد دی‌ایزوسیانات) است. تمام خواص فیزیکی (جذب آب و تورم در ضخامت پس از ۲ و ۲۴ h) به دست آمده بهتر از شرایط استاندارد بین‌المللی آمریکا (ASTM) و استاندارد ملی ایران است [۲۰،۲۱].

اما در باره خواص مکانیکی (استحکام خمشی و چسبندگی داخلی) مقدار استحکام خمشی ۱۶/۳۴ MPa به دست آمده است که شرایط استاندارد آمریکا (۱۶/۵ MPa) را داراست، اما کمتر از مقدار استاندارد ملی ایران برای تخته خرده چوب (۱۸ MPa) است. مقدار چسبندگی داخلی به دست آمده (۰/۵۳ MPa) نیز شرایط استاندارد ملی ایران برای تخته خرده چوب (۰/۴ MPa) را داراست. اما کمتر از مقدار استاندارد آمریکا (۰/۸۹ MPa) است که به علت اختلاف در ساختار ذرات پوسته برنج و چوب است.

مراجع

1. Graves G., Urea-Formaldehyde Resins: A Primary Binder, In Wood Adhesives, Status and Need, *For. Prod. Res. Soc.,* 27-33, 1986.
2. Kumar A. and Sood A., Modelling of Polymerization of Urea and Formaldehyde Using Functional Group Approach, *J. Appl. Polym Sci.,* **40**, 1473-1486, 1990.
3. Price A.F., Cooper A.R. and Meskin A.S., Urea-Formaldehyde Reaction System, An Experimental Investigation, *J. Appl. Polym. Sci.,* **25**, 2597-, 1980.
4. Ferra J., Mendes A.M. and Costa M.R., Study of the Morphology of Urea-Formaldehyde Resins, *Proceedings of the International Panel Products Symposium,* Cardiff, Wales, UK, 17-19 October 2007.
5. Viswanathan T., Smith M. and Palmer H., Rice Hull Reinforced Building Boards Using Formaldehyde-free Adhesive Resin Derived from Whey, *J. Elast. Plast.,* **19**, 99-108, 1987.
6. Chen T.Y., Studies on the Manufacture of Particleboard from Rice Hulls, *National Science Council Monthly(China),* **8**, 456-462, 1979.
7. Houston D.F., *Rice Chemistry and Technology,* American Association of Cereal Chemists, USA, 301-340, 1972.
8. Luh B.S., *Rice Utilization,* Van Nostrand Reinhold, New York, 2nd ed., 75-86, 1991.
9. Juliano B.O., *Rice Hull and Rice Straw,* American Association of Cereal Chemists, USA, 689-695, 1985.
10. Ball G.W., New Opportunities in Manufacturing Conventional for Reconstituted Panelboard Using Isocyanate Binders, *Proceedings of 15th Washington State University International Symposium on Particleboard,* Washington, 265-285, 1981.
11. Mansouri H.R., Pizzi A. and Leban J.M., Improved Water Resistance of UF Adhesives for Plywood by Small PMDI Additions, *Holz als Roh-Und Werkstoff,* **64**, 218-220, 2006.
12. Osman Z., Pizzi A., Kanter W. and Triboulot M.C., PUF Panel Adhesives Doped with Additional Urea and Reinforced by Isocyanates, *Holz Roh Werkst,* **63**, 53-56, 2005.
13. Liu Z. and Binglye H., Technology of Rice Straw Particleboard Bonded by Urea-Formaldehyde Resin Modified by Isocyanate, Forest Research Institute, New Zealand Forest Service, *FRI Bulletin,* **177**, 295-302, 1992.
14. Pizzi A.A., Universal Formulation for Tannin Adhesives for Exterior Particle Board, *J. Macrmolecul. Sci.,* **A16**, 1243-1250, 1981.
15. Mohammad Mizanur R. and Han-Do K., Characterization of Waterborne Polyurethan Adhesives Containing Different Soft Segments, *J. Adhesion Sci. Technol.,* **21**, 81-96, 2007.
16. Sreiner P.R., Chow S. and Vadja S., Interaction of Polyiso-

cyanate Adhesives with Wood, *For. Prod. J.,* **30**, 21-27, 1980.

17. Xue L. and Lope G.T., Satyanarayan P., Chemical Treatmenta of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites:A Review, *J. Polym. Environ.,* **15**, 25-33, 2007.
18. Tarmian A. and Doosthoseini K., An Investigation of Practical Properties of Particleboard Produced with Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI), *Iran. J. Natural Resource,* **58**, 671-678, 2005.
19. Compak H.G., Ten Years of Experience with Commercial Straw Particleboard Production, Wolcott M.P., Miklosk l.C. and Lentz M.T.(Eds.), *31th International Particleboard/Composite Materials Symposium Proceeding,* Washington State University, 109-113, 8-10 April, 1997.
20. ISIRI, Specification for Medium Density-wood Particle Board, ISIRI Number 2492, Karaj, Iran, 1981.
21. Standard Test Methods of Evaluating the Properties of Wood-based Fiber and Particle Panel Materials, Annal Book of ASTM Standard, D 1037-99, 1999.