Archive of SID

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۱، شماره ۱، صفحه ۴۷-۴۰، (۱۳۹۵)

تأثیر اسید بوریک بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب‌های ساخته شده با رزین اوره فرمالدهید (UF)

مصطفی پوزش[۱]، حمیدرضا منصوری *[۲]، بابک نصرتی[۲] و علیرضا سام‌زاده کرمانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فراورده‌های چندسازه چوبی دانشگاه زابل

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، پست الکترونیک: hamidreza.mansouri@gmail.com

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

۳- استادیار، گروه شیمی دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۴

چکیده

هدف از انجام این پژوهش بررسی مقاومت در برابر آب تخته خرده چوب‌های ساخته شده با رزین اوره فرمالدهید (UF) به کمک افزودن اسید بوریک به این رزین بود. در این بررسی افزودنی مورد نظر به‌عنوان عامل متغیر در چهار سطح ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد نسبت به وزن خشک چسب استفاده شد. پس از تهیه فراورده‌های مرکب، مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی بر اساس استاندارد ASTM, D1013-04 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از این افزودنی موجب افزایش مقاومت در برابر آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت بعد از غوطه‌وری در آب، در تخته خرده چوب‌های ساخته شده با این رزین شد. همچنین استفاده از این افزودنی مقاومت چسبندگی ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب را نسبت به نمونه شاهد افزایش داد، اما در حالت خشک نسبت به نمونه شاهد باعث کاهش شد، هرچند این کاهش پایین‌تر از حد استاندارد نبود. با افزایش سطوح اسید بوریک تا ۲ درصد مقاومت خمشی نمونه‌های ساخته شده نسبت به نمونه شاهد افزایش و بعدازاین سطح کاهش یافت. البته احتمال می‌رود این کاهش به علت تأثیر اسید بوریک بر روی الیاف سلولزی یا فیبر سلولزی باشد که در اثر گرما باعث تخریب این الیاف و کم شدن مقاومت خمشی می‌شود. همچنین با افزایش سطوح افزودنی ذکرشده تا سطح ۴ درصد مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: اوره فرمالدهید (UF)، اسید بوریک، جذب آب، واکشیدگی ضخامت، چسبندگی داخلی.

مقدمه

به‌طور کلی چسب‌ها ابتدا بر مبنای عملکرد مورد انتظار در اتصال (مقاومت و اتصال) انتخاب می‌شوند و پس‌ازآن، بر اساس چگونگی آماده کردن، استفاده کردن، سخت شدن و درنهایت هزینه انتخاب می‌شوند (Latibari, 2007). رزین اوره فرمالدهید جزء رزین‌های آمینوپلاستیک بوده که در محیط اسیدی پلیمر می‌شوند (Doosthoseini, 2007). البته این رزین معایبی هم دارند که یکی از آنها مقاومت اندک آنها در مقابل رطوبت و نیز انتشار گاز فرمالدهید است. به منظور غلبه بر این مشکل

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان از موادی که هم خاصیت چسبندگی و هم خاصیت پرکنندگی داشته و یا از اصلاح‌کننده‌های مختلف مانند آرد غلات، دی‌ایزوسیانات (PMDI)، استات ملامین و غیره برای افزایش مقاومت به آب رزین مورد استفاده در تخته خرده چوب و تخته لایه استفاده کرد (Roumeli *et al.*, 2012). Pizzi (۱۹۹۷) در تحقیقی که با اضافه کردن تانن حاصل از درخت واتل (Blakwattle) به رزین اوره فرمالدهید انجام داد به این نتیجه رسید که چسب به وجود آمده مقاومت خوبی در مقابل نفوذ آب از خود نشان می‌دهد. Han و همکاران (۲۰۰۱) به این نتیجه رسیدند که با افزودن مقداری جفت‌کننده سیلان به رزین اوره فرمالدهید مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب بهبود می‌یابد. همچنین Alma و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با افزودن پنبه به رزین اوره فرمالدهید مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب‌ها بهبود می‌یابد. در تحقیق دیگری که Mansouri و Pizzi (۲۰۰۶) بر روی سنتز رزین اوره فرمالدهید پروپیون آلدهید انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که مقاومت به آب و واکشیدگی ضخامت در تخته‌های با مصارف داخلی نسبت به تخته‌های ساخته شده با رزین اوره فرمالدهید به شکل معنی‌داری بهبود می‌یابد. در تحقیق دیگری که بر روی بهبود مقاومت به آب رزین اوره فرمالدهید انجام شد، گزارش شد که افزودن ۱۰ تا ۱۵ درصد وزنی دی ایزوسیانات (PMDI) به رزین‌های اوره فرمالدهید در ساخت تخته سه لایه، باعث می‌شود که مقاومت چسب اوره فرمالدهید در مقابل آب به شکل چشم‌گیری بهبود یابد (Mansouri *et al.*, 2006). اسید بوریک به دو صورت کریستال‌های بی‌رنگ و یا پودر سفیدرنگ و حل شونده در آب وجود دارد. این اسید دارای ساختار بلوری بوده و تنها اسیدی می‌باشد که در آب با دمای معمولی به مقدار جزئی حل می‌شود. اسید بوریک به‌عنوان یک آفت‌کش حشرات، قارچ‌کش و به‌عنوان یک نگهدارنده چوب استفاده می‌شود. این اسید به‌طور طبیعی در سنگ‌ها، خاک و گیاهان یافت می‌شود (Tsuyumoto *et al.*, 2007). در تحقیقی که Pedieu و همکاران (۲۰۱۱) و Zenat و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از اضافه کردن اسید بوریک و اسید بوراکس به رزین مورد نظر، در ساخت تخته خرده چوب انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که استفاده از این مواد می‌تواند باعث کاهش جذب آب شود.

علاوه بر مزایای آشکار رزین اوره فرمالدهید از قبیل هزینه کم، کاربرد آسان، حلالیت مناسب در آب و خواص مکانیکی عالی در هنگام استفاده، می‌توان به یکی از نقطه ضعف‌های رزین (مقاومت کم در برابر آب) اشاره کرد. این مقاومت اندک به دلیل هیدرولیز آسان اتصالات متیلنی این چسب بوده که این امر باعث شده چسب مورد نظر فقط برای کاربردهای داخلی ساختمان مناسب باشد. از این‌رو از بررسی منابع مورد مطالعه دریافت می‌شود که بهبود مقاومت به آب این رزین بیشتر مورد مطالعه قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق خرده چوب‌های مورد استفاده برای ساخت تخته‌های آزمایشگاهی دارای رطوبت ۵/۵ درصد بوده و از کارخانه صنعت چوب شمال واقع در استان گلستان و شهرستان گنبدکاووس تهیه شدند. اسید بوریک ساخت شرکت مرک (Merck) آلمان و رزین اوره فرمالدهید (UF) از کارخانه سامد مشهد تهیه شدند. دانسیته تخته مورد نظر ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و میزان مصرف چسب ۱۰ درصد وزن خشک خرده چوب‌ها بود. پس از تهیه محلول چسب و افزودن اسید بوریک مورد نظر در چهار سطح ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد بر اساس وزن خشک چسب به محلول رزین اوره فرمالدهید اضافه شد. پس از افزودن سطوح مورد نظر اسید بوریک به چسب مورد نظر، به مدت ۲۰ دقیقه باهم مخلوط شده و بعد ۷۰ درصد وزن چسب محلول آماده شده با خرده چوب‌های درشت و ۳۰ درصد چسب مورد نظر با خرده چوب‌های نرمه مخلوط شد (Mansouri and Pizzi, 2006). سپس کیک خرده چوب به‌صورت سه لایه

www.SID.ir

Archive of SID

تشکیل و با دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۵ دقیقه پرس گردید. تخته‌های ساخته شده با ابعاد نهایی ۲۰ × ۲۰ و ضخامت ۱ سانتی‌متر مربع، برای انجام آزمون‌های جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت و ۲۴ ساعت بعد از غوطه‌وری در آب، چسبندگی داخلی، در دو حالت خشک و ۲۴ ساعت بعد از آب سرد، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته برش داده شدند. اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی مورد نظر طبق استاندارد ASTM, D1013-04 انجام گردید. پس از اتمام آزمایش‌ها، نتایج به‌دست آمده براساس طرح ANOVA یک‌طرفه مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفتند. از آزمون چند دامنه دانکن برای مقایسه بین میانگین‌ها استفاده‌شده است. نتایج حاصل با نرم‌افزار آماری SPSS در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفتند.

نتایج

جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب سرد

مقدار جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها در مصارف خارج از ساختمان بسیار مهم بوده، با توجه به اینکه یکی از اهداف استفاده از افزودنی اسید بوریک در رزین اوره فرمالدهید بهبود خاصیت جذب آب و واکشیدگی ضخامت بود، به همین دلیل جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های ساخته شده اندازه‌گیری شد.

نتایج تجزیه واریانس اسید بوریک بر جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت و ۲۴ ساعت تخته خرده چوب‌های ساخته شده نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (جدول ۱).

استفاده از اسید بوریک به‌عنوان افزودنی، باعث کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته شده با رزین اوره فرمالدهید شد. به‌طوری‌که با افزایش سطوح اسید بوریک جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت و ۲۴ ساعت بعد از غوطه‌وری در آب سرد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. به‌نحوی‌که کمترین کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت مربوط به استفاده از ۲ درصد اسید بوریک بوده که به‌ترتیب نسبت به نمونه شاهد کاهش ۱۶/۶۹ درصدی و ۲۸/۸۹ درصدی داشته است و کمترین جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت مربوط به استفاده از ۴ درصد اسید بوریک بوده که نسبت به نمونه شاهد به‌ترتیب کاهش ۵/۷۲ و ۱۵/۲۵ درصدی نشان داد (شکل ۱ و ۲).

همان‌طور که از طیف مادون‌قرمز (FTRI) (شکل ۳) مشاهده می‌شود در صورت واکنش رزین UF با اسید بوریک امکان حذف یا کاهش شدت جذب برخی پیک‌های دیده‌شده در رزین UF شاهد وجود داشت، اما در طیف دوم (رزین UF با اسید بوریک) دیده نشد.

چسبندگی داخلی

این آزمون برای تعیین کیفیت اتصال خرده چوب‌ها توسط رزین استفاده می‌گردد و معرف کیفیت لایه‌های میانی تخته می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر استفاده از اسید بوریک بر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده با رزین‌های اوره فرمالدهید در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (جدول ۱).

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان چسبندگی داخلی خشک برابر با ۰/۸۴ مگاپاسکال مربوط به استفاده از ۳ درصد اسید بوریک بوده که نسبت به نمونه شاهد ۹/۰۹ درصد افزایش داشته، از طرفی بیشترین مقادیر چسبندگی داخلی ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب سرد مربوط به استفاده از ۴ درصد اسید بوریک بوده که نسبت به نمونه شاهد افزایش چشم‌گیری نشان داد.

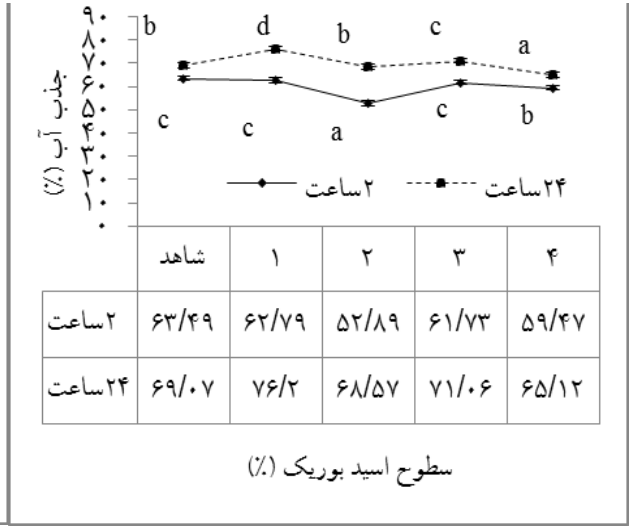
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اسید بوریک بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده با رزین اوره فرمالدهید

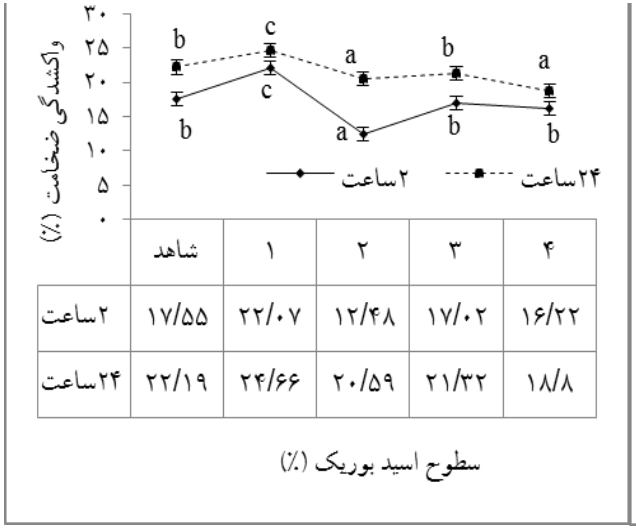
عامل متغیر	درجه آزادی	جذب آب ۲ ساعت F	جذب آب ۲۴ ساعت F	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت F	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت F	چسبندگی داخلی خشک F	چسبندگی داخلی ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب F	مقاومت خمشی F	مدول‌الاستیسیته F
اسید بوریک	۴	۵۰/۰۳۸*	۴۹/۷۱۶*	۳۵/۲۶۸*	۱۳/۹۵۹*	۴۲۹/۶۰۰*	۱۰۸۰/۱۰۰*	۱۱/۳۴۹*	۱۳۰۰۴۴۶/۶۳۴*

*: معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد



	شاهد	۱	۲	۳	۴
۲ساعت	۶۳/۴۹	۶۲/۷۹	۵۲/۸۹	۶۱/۷۳	۵۹/۴۷
۲۴ساعت	۶۹/۰۷	۷۶/۲	۶۸/۵۷	۷۱/۰۶	۶۵/۱۲

شکل ۱- اثر مقدار اسید بوریک بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت

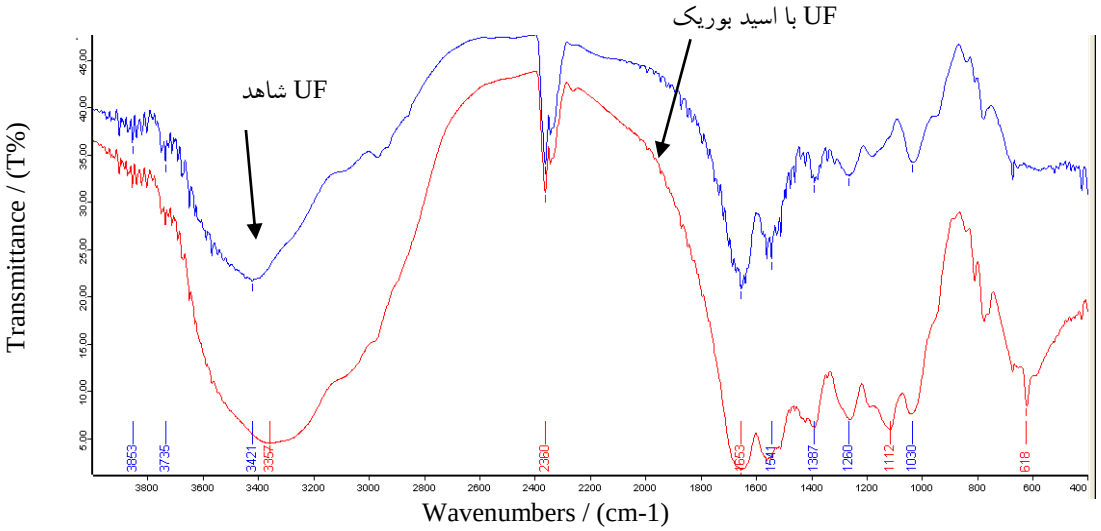


	شاهد	۱	۲	۳	۴
۲ساعت	۱۷/۵۵	۲۲/۰۷	۱۲/۴۸	۱۷/۰۲	۱۶/۲۲
۲۴ساعت	۲۲/۱۹	۲۴/۶۶	۲۰/۵۹	۲۱/۳۲	۱۸/۸

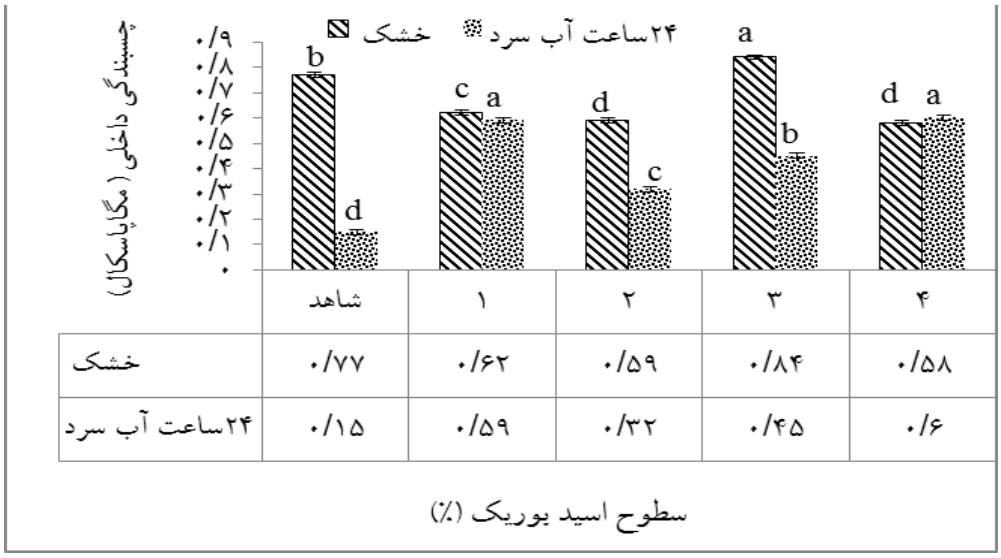
شکل ۲- اثر مقدار اسید بوریک بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- طیف مادون‌قرمز (**FTIR**) رزین **UF** و اسید بوریک



	شاهد	۱	۲	۳	۴
خشک	۰/۷۷	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۸۴	۰/۵۸
۲۴ساعت آب سرد	۰/۱۵	۰/۵۹	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۶

شکل ۴- تأثیر مقدار اسید بوریک بر چسبندگی داخلی خشک و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته

نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف اسید بوریک بر روی مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (جدول ۱).

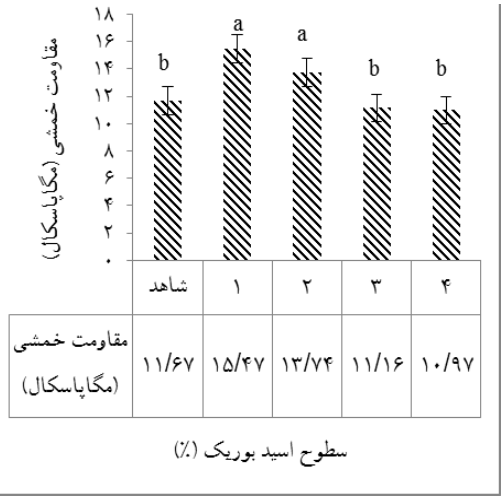
همچنین از شکل (۵) مشاهده می‌شود با افزایش سطوح اسید بوریک به‌عنوان افزودنی اضافه شده به رزین تا سطح ۲ درصد باعث افزایش مقاومت خمشی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شد، اما با افزایش سطوح بعد از ۲ درصد، مقاومت خمشی کاهش نشان داد. البته بهترین سطح استفاده از اسید

www.SID.ir

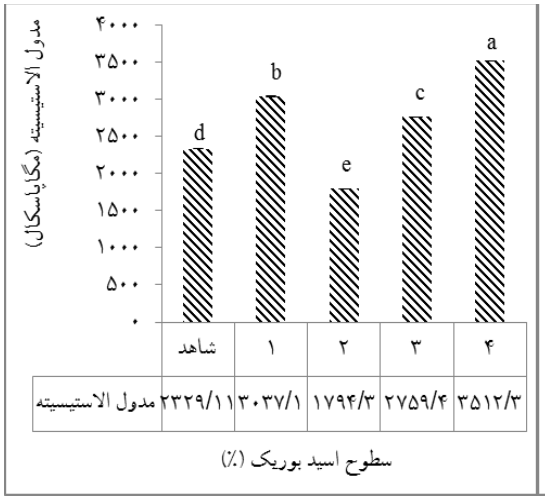
Archive of SID

بوریک سطح ۱ درصد بوده که افزایش ۳۲/۵۶ درصدی نسبت به نمونه شاهد داشته است.

لازم به ذکر است، با افزایش سطوح افزودنی مورد نظر، مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین مقدار مدول‌الاستیسیته برای تخته‌های مورد نظر استفاده از ۴ درصد اسید بوریک بوده که باعث افزایش ۳۷/۹۲ درصدی مقاومت مورد نظر نسبت به نمونه شاهد شد (شکل ۶).



شکل ۵- تأثیر مقدار اسید بوریک بر روی مقاومت خمشی



شکل ۶- تأثیر مقدار اسید بوریک بر روی مدول‌الاستیسیته

بحث

مواد افزودنی دارای اثرات تعدیل و اصلاح‌کننده‌ای بر خواص رزین‌های UF می‌باشند. مؤثرترین و رایج‌ترین روش‌هایی که تا پیش از این مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند، شامل افزودن کمیت‌های اندک و ناچیز ملامین است (Roumeli *et al.*, 2012). یکی دیگر از این افزودنی‌ها اسید بوریک بوده که استفاده از آن در ساخت تخته خرده چوب باعث کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت می‌شود. استفاده از اسید بوریک باعث پیوند کوالانسی بین مواد اصلی نمی‌شود، ولی به نظر می‌رسد دلیل این کاهش به دلیل برهم‌کنش‌های بین مولکولی یا به علت کاهش تعداد گروه-های هیدروکسیل می‌باشد که این کار باعث کاهش تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب در هنگام غوطه‌وری شده و جذب آب و واکشیدگی ضخامت را کاهش می‌دهد (Zenat *et al.*, 2011؛ Pedieu *et al.*, 2011). همچنین با توجه به طیف مادون‌قرمز (FTIR) هیچ واکنش شیمیایی بین رزین UF و اسید بوریک اتفاق نیفتاده و جابجایی‌های ایجاد شده می‌تواند به دلیل برهم‌کنش‌های بین مولکولی باشد و افزودنی مورد نظر نقش یک پرکننده را داشته باشد.

از مهمترین ویژگی‌های صفحات فشرده چوبی، مقاومت چسبندگی داخلی (کشش عمود بر سطح) می‌باشد که نشان‌دهنده کیفیت اتصالات داخلی ماده مرکب چوبی است. Pedieu و همکاران (۲۰۱۱) امکان استفاده از اسید بوریک را در ساخت تخته خرده چوب مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از اسید بوریک اثر معنی‌داری بر روی چسبندگی داخلی داشته و در اثر افزایش خطی اسید بوریک چسبندگی داخلی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مقدار اسید بوریک مقاومت خمشی کاهش یافته که احتمال می‌رود این کاهش به علت تأثیر اسید بوریک بر روی الیاف سلولزی یا فیبر سلولزی باشد که در اثر گرما باعث تخریب این الیاف و کم شدن مقاومت خمشی می‌شود (Pandey and Gurjar, 1987؛ Colakogl *et al.*, 2003؛ Zenat *et al.*, 2011).

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

- Alma, M. H., Kalaycioglu, H., Bektas, I. and Tutus, A., 2005. Properties of cotton carpel-based particleboards. Industrial Crops and Products. 22(2): p 141-149.
- Colakoglu, G., Colak, S., Aydin, I., Yildiz, U.C. and Yildiz, S., 2003. Effect of boric acid treatment on mechanical properties of laminated beech veneer lumber. Silva Fennica. 37(4): 505–510.
- Doosthoseini, K., 2007. Wood Composite Materials. University of Tehran. 716p.
- Han, G., Umemura, K., Wong, E., Zhang, M. and Kawai. S. h., 2001. Effect of silane coupling agent level and extraction treatment on the properties of UF-bonded reed and wheat straw particleboards. Journal Wood Science. 47(5): p 18-23.
- Latibari, A.J., 2007. Science and Technology of Adhesion for Lignocellulosic Substances. Ialamic Azad University Karadj Branch. 348p.
- Mansouri, H.R. and Pizzi, A., 2006. Urea–Formaldehyde–Propionaldehyde Physical Gelation Resins for Improved Swelling in Water. Journal of Applied Polymer Science, 102 (6): p 5131–5136.
- Mansouri, H.R., Pizzi, A. and Leban, J. M., 2006. Improved water resistance of UF adhesives for plywood by small pMDI additions. Holz als Roh- und Werkstoff, 64 (3): p 218–220.
- Pandey, S. N., and Gurjar, R.M., 1987. Effects of flame retardants on the properties of particle boards prepared from cottonseed hulls. Biological Wastes. 19(3): 197-203.
- Pedieu, R., Koubaa, A., Riedl, B., Wang, X.M. and Deng, J., 2011. Fire-retardant properties of wood particleboards treated with boric acid. Journal Wood Prod. 70: 191-197.
- Pizzi, A., 1997. Wattlebase adhesive for exterior grade particleboards. Forest Products Journal. 28(12): p 1-5
- Roumeli, E., Papadopoulou, E., Pavlidou, E., Vourlias, G., Bikiaris, D., Paraskevopoulos, K. M. and Chrissafis, K., 2012. Synthesis, characterization and thermal analysis of urea formaldehyde/nanoSiO2 resins. Thermochimica Acta. 527: 33-39.
- Tsuyumoto, I., Oshio, T. and Katayama, K., 2007. Preparation of Highly Concentrated Aqueous Solution of Sodium Borate. Inorganic Chemistry Communications. 10 (1): 20–22.
- Zenat, A. N., Nassar, M. A. and Meligy, M.G., 2011. Effect of Addition of Boric Acid and Borax on Fire-Retardant and Mechanical Properties of Urea Formaldehyde Saw Dust Composites. International Journal of Carbohydrate Chemistry. 10(1): 1-6.

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of boric acid on the physical and mechanical properties of particleboard made using urea-formaldehyde resin

M. Poozesh[1], H.R. Mansouri[2*], B. Nosrati[2] and A.R. Samzadeh-Kermani[3]

1- M.Sc., Student, Department of Wood Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran
2*- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Wood Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran, E-mail: hamidreza.mansouri@gmail.com
2- Assistant Professor, Department of Wood Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran
3- Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: March, 2015 Accepted: Nov., 2015

Abstract

This objective of this investigation was to modify and improve the water resistance of urea formaldehyde (UF) bonded particleboard adding Boric acid to the resin. Four levels (1, 2, 3 and 4) of boric acid based on the dry weight of the bonder were added to the UF resin. Then these mixtures were used to produce particleboard. Physical and mechanical properties were examined according to the ASTM, D1013-04. The results showed that the using of this additive increased the water absorption and thickness swelling resistance after 2 and 24 hours immersion in water. Also using this additive increased the internal bonding of the boards after 24 hours after immersion in water, compared to the control sample but in the case of dry samples, the internal bonding decreased compared to the control sample. However it was not lower than standard value. As the Boric acid levels increased to 2 percent, bending strength of the samples was increased compare to the control sample and after this level it was decreased. Also with increasing the levels to 4 percent, modulus of elasticity of boards were increased compare to the control sample.

Key words: Urea formaldehyde, boric acid, water absorption, thickness swelling, internal bonding.

www.SID.ir