



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنجان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و سوم، شماره چهارم، ۱۳۹۵

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

تأثیر تیمار آب‌شویی ذرات باگاس و میزان ماده افزودنی $MgCl_2$ بر خواص تخته خرده‌چوب - سیمان

*مرتضی ناظریان^۱، سکینه حسینی اقبال^۲، حسین کرمانیان^۳ و رحیم محبی‌گرگری^۴

^۱دانشیار، گروه فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ^۲دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ^۳استادیار، گروه فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، ^۴مربی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۴

چکیده

سابقه و هدف: ضایعات کشاورزی همچون باگاس به‌عنوان منابع تجدیدپذیر می‌تواند به‌عنوان ماده اولیه در ساخت تخته خرده‌چوب - سیمان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین به‌منظور بهبود خواص تخته خرده‌چوب - سیمان در نتیجه افزایش سرعت هیدراتاسیون، لازم است تا روش‌هایی نظیر آب‌شویی و استفاده از مواد افزودنی برای حذف یا کم اثر کردن اثرات مواد مضر و در نتیجه افزایش سازگاری بین مواد آلی و سیمان مورد بررسی و استفاده قرار گیرد. لذا این پژوهش با هدف مطالعه اثر تیمار آب‌شویی ذرات باگاس و میزان ماده افزودنی $MgCl_2$ بر خواص تخته خرده‌چوب - سیمان مورد بررسی قرار گرفت.

بر طبق نتایج حاصل از تحقیقات گوین و همکاران (۲۰۰۷) تیمار حرارتی چوب به‌علت حذف اثرهای منفی فندهای محلول در آب، همی سلولز و لیگنین بر روی سرعت هیدراتاسیون سیمان موجب ثبات ابعادی، کاهش خاصیت آبدوستی الیاف و افزایش خواص مقاومتی تخته‌ها می‌شود. همچنین بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط دل‌منزی و همکاران (۲۰۰۷)، به‌منظور بهبود خواص سازگاری

*مسئول مکاتبه: morteza17172000@yahoo.com

چوب و مواد لیگنوسلولزی با سیمان و تسریع در شروع فرایند هیدراتاسیون سیمان، افزودن تسریع‌کننده‌ها به مخلوط آب و سیمان می‌تواند سرعت هیدراتاسیون خمیر سیمان را افزایش دهد. مواد و روش‌ها: مواد مورد استفاده در این پژوهش باگاس (تفالهٔ نیشکر)، سیمان پرتلند نوع II و ماده افزودنی $MgCl_2$ می‌باشد. در این بررسی با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM)، تأثیر تیمار آب‌شویی و میزان ماده افزودنی $MgCl_2$ بر روی مدول گسیختگی (MOR)، چسبندگی داخلی (IB)، جذب آب (WA) و واکنشیدگی ضخامتی (TS) چوب سیمان حاصل از باگاس مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس طرح مرکب مرکزی (CCF)، مدل‌های درجه دوم به‌منظور ارتباط دادن متغیرهای تیمار آب‌شویی (X1) و مقدار ماده افزودنی (X2) به متغیرهای وابسته MOR، IB، WA و TS بسط داده شدند.

یافته‌ها: تجزیه واریانس (ANOVA) دلالت بر این داشت که تیمار آب‌شویی با آب گرم اثر بیش‌تری بر روی بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی داشته است. همچنین بهینه‌ترین شرایط برای بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی با اعمال تیمار آب‌شویی گرم همراه با کاربرد $4/5$ درصد ماده افزودنی $MgCl_2$ تعیین گردید. در این شرایط، MOR، IB، WA و TS به‌ترتیب برابر 9 N/mm^2 ، 0.3 N/mm^2 ، $17/68$ درصد و $1/6$ درصد گردید.

نتیجه‌گیری: مدل ارائه شده توسط روش سطح پاسخ با توجه به معنی‌داری آن در طی آنالیز آماری، برآورد مناسب و معنی‌داری برای تعیین نقطه مناسب کاربرد متغیرهای مورد استفاده را فراهم کرده است. بر اساس آنالیز آماری به‌دست آمده، اثر تیمار آب‌شویی و میزان ماده افزودنی تا سطح ۹۹ اعتماد آماری بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی معنی‌دار بوده است.

واژه‌های کلیدی: باگاس، تخته خرده‌چوب-سیمان، تیمار آب‌شویی، خواص فیزیکی و مکانیکی، ماده افزودنی

مقدمه

تخته خرده‌چوب-سیمان به‌دلیل دارا بودن خواص کاربردی بارز همچون مقاومت در برابر آتش، پایداری ابعادی و مقاومت در برابر عوامل مخرب بیولوژیک همچون قارچ‌ها و عدم انتشار گاز

فرم آلدئید برخلاف چندسازه‌های با اتصالات مصنوعی در دهه‌های اخیر مورد توجه صنعت ساختمان و محققین و صنعتگران قرار گرفته است (۲۲). اما به دلیل ناسازگاری بین مواد آلی و اتصال‌دهنده‌های معدنی همچون سیمان که باعث کاهش سرعت فرایند هیدراتاسیون می‌شود، مقاومت تخته‌ها کاهش می‌یابد. به منظور بهبود خواص تخته خرده چوب-سیمان در نتیجه افزایش سرعت هیدراتاسیون سیمان، لازم است تا روش‌هایی نظیر آب‌شویی و استفاده از مواد افزودنی برای حذف یا کم اثر کردن اثرات مواد مضر و در نتیجه افزایش سازگاری بین مواد آلی و سیمان مورد بررسی و استفاده قرار گیرد. طبق نتایج سمپل و همکاران (۲۰۰۰)، بر روی سازش‌پذیری انواع گونه‌های اکالیپتوس استرالیایی با سیمان پرتلند مشخص شد که سازگاری و سازش‌پذیری بین چوب و سیمان زمانی که نمونه‌های چوبی در دمای معتدل خیس‌انده شوند به‌طور معنی‌داری بهبود می‌یابد. او دلیل این امر را خروج مواد گندکننده هیدراتاسیون سیمان به وسیله آب از چوب دانست (۱۹). بر طبق نتایج حاصل از تحقیقات گوین و همکاران (۲۰۰۷) تیمار حرارتی چوب به علت حذف اثرهای منفی قندهای محلول در آب، همی سلولز و لیگنین بر روی سرعت هیدراتاسیون سیمان موجب ثبات ابعادی، کاهش خاصیت آبدوستی الیاف و افزایش خواص مقاومتی تخته‌ها می‌شود (۱۰). مسلمی و لیم (۱۹۸۴) دوازده گونه چوبی را تحت تیمار با آب داغ قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تیمار آب گرم منجر به بهبود قابل توجهی در سازگاری گونه‌های مورد مطالعه می‌شود (۱۳).

علاوه بر اعمال تیمارهای حرارتی و حرارتی-رطوبتی و نیز آب‌شویی در شرایط مختلف، کاربرد مواد شیمیایی عمدتاً معدنی تحت عنوان مواد تسریع‌کننده می‌تواند نه تنها باعث بهبود معنی‌دار خواص فیزیکی و مکانیکی تخته شود، بلکه همزمان باعث کاهش هزینه تولید و رفع مشکلات ناشی از دفع یا تصفیه پساب می‌گردد. بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط دل‌منزی و همکاران (۲۰۰۷)، به منظور بهبود خواص سازگاری چوب و مواد لیگنوسلولوزی با سیمان و تسریع در شروع فرایند هیدراتاسیون سیمان، افزودن تسریع‌کننده‌ها به مخلوط آب و سیمان می‌تواند سرعت هیدراتاسیون خمیر سیمان را افزایش دهد (۴). در بررسی‌های انجام شده توسط ناظریان و همکاران (۲۰۱۱b)، وجود مواد استخراجی در مواد اولیه چوبی باعث افزایش زمان سخت‌سازی سیمان شده است. در حالی که جایگزینی ۱۰ درصد وزنی سیمان توسط خاک نسوز (شاموت) به عنوان ماده افزودنی و یا افزودن مواد افزودنی CaCl_2 تا حد ۵ درصد افزایش سرعت هیدراتاسیون و در نتیجه بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی را در پی دارد (۱۷). نور و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی‌های خود بر روی سرعت

هیدراتاسیون شش گونه چوبی نشان دادند که $MgCl_2$ و $CaCl_2$ به‌عنوان تسریع‌کننده هیدراتاسیون، باعث افزایش سرعت این فرایند شده و زمان گیرایی سیمان را بهبود می‌بخشند (۱۸). همچنین وی و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که $MgCl_2$ می‌تواند به‌عنوان یک ماده افزودنی شیمیایی مؤثر برای بهبود خواص سازگاری بین چوب و سیمان مورد استفاده قرار گیرد. آن‌ها نتیجه گرفتند که پلی‌ساکاریدهای تجزیه شده عامل اصلی در کاهش سرعت سخت‌سازی و ناسازگاری بین چوب و سیمان هستند (۲۲). در این بررسی، اثر متغیر مستقل تیمار شست و شوی باگاس در سه سطح و ماده افزودنی منیزیم کلرید نیز در سه سطح بر روی متغیرهای وابسته شامل خواص مکانیکی (MOR و IB) و خواص فیزیکی (TS و WA) با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) با کمک تحلیل واریانس (ANOVA) مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد: مواد مورد استفاده در این پژوهش باگاس، سیمان و ماده افزودنی می‌باشد. بخش باقی‌مانده از ساقه نیشکر را که پس از عصاره‌گیری به‌عنوان تفاله از کارخانه نیشکر خارج می‌شود، اصطلاحاً باگاس می‌نامند. خرده‌های باگاس از کارخانه کاغذسازی پارس (هفت تپه) تهیه شد. در این پژوهش از سیمان پرتلند نوع II تهیه شده از کارخانه سیمان سیستان استفاده گردید. زمان پس از تولید تا قبل از مصرف سیمان کم‌تر از هفت روز بود. همچنین از کلرید منیزیم ۹۸ درصد ($MgCl_2$) به‌عنوان ماده افزودنی تسریع‌کننده فرایند هیدراتاسیون استفاده شد.

روش‌ها: باگاس پس از انتقال به آزمایشگاه گروه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه زابل، به‌مدت یک هفته در مجاورت هوای آزاد قرار گرفت تا به رطوبت تعادل حدود ۵ درصد برسد. باگاس مورد استفاده به سه قسمت تقسیم گردید: قسمت اول بدون تیمار آب‌شویی بوده و پس از توزین و رساندن آن به رطوبت تعادل با محیط درون پلاستیک قرار گرفت، قسمت دوم به‌مدت ۲۴ ساعت در آب سرد قرار داده شد و پس از شست و شو برای مدت دو هفته برای رساندن رطوبت الیاف به ۵ درصد در محیط آزمایشگاهی پخش شد. پس از آن در کیسه‌های پلاستیکی ذخیره شد. قسمت سوم باگاس نیز پس از آب‌شویی به‌مدت ۲ ساعت در حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد، برای کاهش رطوبت و رساندن به رطوبت تعادل محیط (۵ درصد) به‌مدت دو هفته در کف آزمایشگاه پخش شد. سیمان نیز پس از

توزین به منظور جلوگیری از فرایند هیدراتاسیون در منیجه تماس با رطوبت هوای محیط، در کیسه‌های پلاستیکی ذخیره گردید.

تخته‌ها به روش فرایند نیمه‌خشک ساخته شدند. بدین منظور ابتدا ماده افزودنی بر اساس طرح آزمونی به کار رفته به آب اضافه گردید. پس از انحلال کامل کلرید منیزیم در آب، محلول به دست آمده در یک مخلوط‌کن آزمایشگاهی، به باگاس افزوده شد. ذرات آغشته به محلول به مدت ۵ دقیقه در همزن به هم زده شدند. سپس ذرات سیمان به طور دستی و تا حد امکان به طور همگن بر روی ذرات مرطوب اضافه شد و پس از ۸ دقیقه اختلاط در چسب‌زن، در داخل قالبی به ابعاد 30×30 سانتی‌متر و بر روی صفحه آهنی به ضخامت یک سانتی‌متر به منظور تشکیل کیک (با ضخامت تقریبی ۱۵ سانتی‌متر) ریخته شد. پس از تشکیل کیک، ورقه آهنی دیگری بر روی کیک در داخل قالب گذاشته شد و پس از اعمال فشار دستی (پیش پرس) و خروج قالب، کیک همراه با صفحات آهنی در داخل یک پرس هیدرولیک آزمایشگاهی قرار داده شد. پس از اعمال فشاری معادل ۵ مگاپاسگال، کیک همراه با صفحات فولادی توسط دو گیره فولادی تحت فشار ثابت و به مدت ۲۴ ساعت در داخل پلاستیک برای جلوگیری از تبخیر سریع رطوبت قرار گرفت.

پس از آزاد کردن گیره‌ها، تخته‌ها به مدت ۱۰ روز مجدداً در پلاستیک بر روی هم چیده شدند. پس از آن تخته‌ها را از پلاستیک خارج کرده و به مدت ۱۷ روز در هوای آزاد قرار دادیم تا به رطوبت تعادل با محیط برسد. پس از ۲۸ روز و قبل از اندازه‌بری و انجام آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی، تخته‌ها به مدت ۲ تا ۴ ساعت در آون و تحت حرارت ۴۰ درجه سانتی‌گراد به منظور رساندن رطوبت تخته‌ها به ۶ درصد قرار گرفتند. میزان آب در طی ساخت برابر ۴۰ درصد وزن خشک، دانسیته تخته‌ها در حد $1/2$ گرم بر سانتی‌متر مکعب، نسبت وزنی سیمان به ذرات باگاس برابر $70:30$ و ضخامت تخته‌ها برابر $1/2$ سانتی‌متر انتخاب شد. پس از ساخت تخته‌ها و برش آن‌ها برای تهیه نمونه‌های آزمونی، آزمون‌های مکانیکی (مقاومت خمشی (MOR) و چسبندگی داخلی (IB) بر اساس استانداردهای EN 310 و EN 319) توسط دستگاه آزمون مکانیکی HounSFIELD-25HKS انجام گرفت. آزمون‌های فیزیکی (واکشیدگی ضخامتی (TS) و جذب آب (WA)) نیز بر اساس استاندارد EN 317 پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب انجام شد (۵، ۶ و ۷).

تحلیل آماری

طرح آزمونی مورد استفاده در این مرحله آزمون فاکتوریل بود. متغیرهای مستقل و سطوح آن‌ها و طرح آزمونی به کار رفته در جدول ۱ نشان داده شده است. تعداد تیمارها برابر ۹ بود. در جدول مشاهده می‌گردد که متغیرهای مستقل مورد بررسی و کدهای آن‌ها شامل: ۱- نوع تیمار در سه سطح (۱- بدون تیمار آب‌شویی؛ ۰، تیمار آب‌شویی تحت حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۱+، تیمار آب‌شویی تحت حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و ۲- میزان ماده افزودنی $MgCl_2$ در سه سطح (۱-، ۱/۵ درصد؛ ۰، ۳/۵ درصد و ۱+، ۵/۵ درصد نسبت به وزن خشک سیمان) بوده‌اند.

به منظور برآورد ضریب رگرسیون، از طرح مرکب مرکزی (CCF^1) در فضای فاکتوریل استفاده گردید. در این شیوه برای هر متغیر از سه سطح استفاده گردید که در جدول ۲ مشاهده می‌شود. حد بالای سطوح هر متغیر به‌عنوان ۱+ و حد پایین به‌عنوان ۱- کدگذاری گردید. معادله چند جمله‌ای درجه دوم (رگرسیون) استفاده شده برای سطح پاسخ Y نشان داده شده است. معادله چند جمله‌ای مرتبه دوم که در رابطه ۱ مشخص گردیده، برای نشان دادن سطح پاسخ Y مورد استفاده قرار گرفت.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i < j}^k \sum_{j}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \epsilon. \quad (1)$$

بر اساس طرح فاکتوریل استفاده شده، تعداد تکرارها در نقطه مرکزی مکعب ماتریس مختصات (۰،۰) ۵ عدد می‌باشد (۳). مجموع تعداد نمونه‌ها برای دو متغیر مستقل (تیمار آب‌شویی و میزان ماده افزودنی) از طریق رابطه $2^n + (n \times n) + C$ به دست آمد (۱۲). از این رو تعداد نمونه‌های آزمونی برای هر آزمون برابر ۱۳ گردید ($13 = 5 + (2 \times 2) + 2^2$). آنالیزهای رگرسیون، آنالیز واریانس (ANOVA) و سطح پاسخ داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab به دست آمد.

نتایج و بحث

تأثیر متغیرهای تیمار شست و شو ($X1$) و میزان منیزیم کلرید به‌عنوان شتاب‌دهنده ($X2$) بر خواص مقاومتی و فیزیکی تخته خرده چوب-سیمان با استفاده از معادله درجه دوم روش سطح پاسخ (RSM) برآورد شد (طبق رابطه ۱). مقادیر آزمون‌های مکانیکی (IB، MOR) و فیزیکی (TS_{24} و WA_{24}) را می‌توان به‌عنوان یک تابعی از متغیرهای ساخت (جدول ۱) در نظر گرفت. معادله رگرسیون

بین مقادیر MOR, IB, TS و WA و متغیرهای ساخت برای واحدهای کدگذاری شده به دست آمده به شرح زیر می باشد:

$$\text{MOR} = 6/2 + 1/56 X1 + 1/47 X2 - 0/22 X1^2 + 1/28 X2^2 + 0/27 X1X2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{IB} = 0/23 + 0/078 X1 + 0/072 X2 + 0/061 X1^2 - 0/024 X2^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{TS}_{24} = 2/03 - 0/95 X1 + 0/37 X2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\text{WA}_{24} = 22 - 6/68 X1 - 2/5 X2 + 4/18 X1^2 \quad \text{رابطه (۵)}$$

متغیرهای کدگذاری شده و حقیقی و نیز داده‌های به دست آمده از آزمون تیمارهای مختلف (MOR, IB, TS و WA) در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- طرح آزمونی و نتایج خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب- سیمان.

Table 1. Experimental design and results of physical and mechanical properties of CBPB.

| مقادیر واقعی متغیرها (Actual values of the variables) | | | | | متغیرهای وابسته (Dependent variables) | | شماره تخته‌ها Number of boards |
|--|----------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|
| WA, % | TS, % | IB, N/mm ² | MOR, N/mm ² | MgCl ₂ , % | تیمار Treatment | کد متغیرها Variable code | |
| 17.61 | 1.62 | 0.3 | 9.6 | 5.5 | آب گرم (Hot water) | 1 1 | 1 |
| 25.49 | 5.86 | 0.24 | 6.15 | 3.5 | آب سرد (Cold water) | 0 0 | 2 |
| 25.97 | 4.51 | 0.255 | 7.36 | 3.5 | آب گرم (hot water) | 0 1 | 3 |
| 29.35 | 4.21 | 0.145 | 6.11 | 5.5 | بدون تیمار (No treatment) | 1 -1 | 4 |
| 31.31 | 7.05 | 0.125 | 5.305 | 3.5 | بدون تیمار (No treatment) | 0 -1 | 5 |
| 25.03 | 5.1 | 0.23 | 6.21 | 3.5 | آب سرد (Cold water) | 0 0 | 6 |
| 32.07 | 7.23 | 0.135 | 4.805 | 1.5 | آب سرد (Cold water) | -1 0 | 7 |
| 25.91 | 5.83 | 0.21 | 6.31 | 3.5 | آب سرد (Cold water) | 0 0 | 8 |
| 27.83 | 6.34 | 0.145 | 6.18 | 1.5 | آب گرم (Hot water) | -1 1 | 9 |
| 25.9 | 5.78 | 0.25 | 6.2 | 3.5 | آب سرد (Cold water) | 0 0 | 10 |
| 25.3 | 5.23 | 0.235 | 6.39 | 3.5 | آب سرد (Cold water) | 0 0 | 11 |
| 25.07 | 3.83 | 0.28 | 7.41 | 5.5 | آب سرد (Cold water) | 1 0 | 12 |
| 36.80 | 9.65 | 0.06 | 4.59 | 1.5 | بدون تیمار (No treatment) | -1 -1 | 13 |

اثر متقابل تیمار آب‌شویی و میزان منیزیم کلرید بر روی مقادیر MOR در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس ANOVA برای مدول گسیختگی (MOR) متأثر از متغیرهای تیمار شست و شو (X1) و میزان کلرید منیزیم به‌عنوان شتاب‌دهنده (X2) در جدول ۲ ارائه شده است. محدوده داده‌ها از ۴/۵۹ تا ۹/۶ N/mm² بود. ضرایب خطی مثبت در (β_1 و β_2) در معادله ۲ نشان‌دهنده آن است که تیمار آب‌شویی با آب گرم و افزایش میزان منیزیم کلرید به‌طور مستقیم باعث افزایش مدول گسیختگی تخته می‌شود. از شکل ۲ نیز این نتیجه دریافت می‌شود. در تخته شماره ۱، افزایش میزان منیزیم کلرید باعث افزایش چشم‌گیر مدول گسیختگی گشته و میزان آن را به حد استاندارد رسانده است. این نتیجه منطبق با نتایج دیگر منابع می‌باشد. طبق نتایج هرماوان و همکاران (2001)، با افزایش میزان MgCl₂، مقاومت‌های تخته ساخته‌شده از برگ‌های درخت نخل به‌صورت معنی‌داری بهبود می‌یابد (۱۱). ناگادومی و همکاران (۱۹۹۶) مشاهده کردند که MgCl₂ بیش‌ترین تأثیر را بر هیدراتاسیون سیمان دارد و همچنین اثر مطلوب و مثبتی بر خواص مکانیکی و واکنش‌دهی ضخامتی تخته خرده‌چوب-سیمان دارد (۱۴). علت این موضوع بهبود سازگاری بین اتصال‌دهنده معدنی و ذرات لیگنوسولوزی و تسریع در فرایند هیدراتاسیون سیمان در نتیجه افزودن مواد افزودنی می‌باشد.

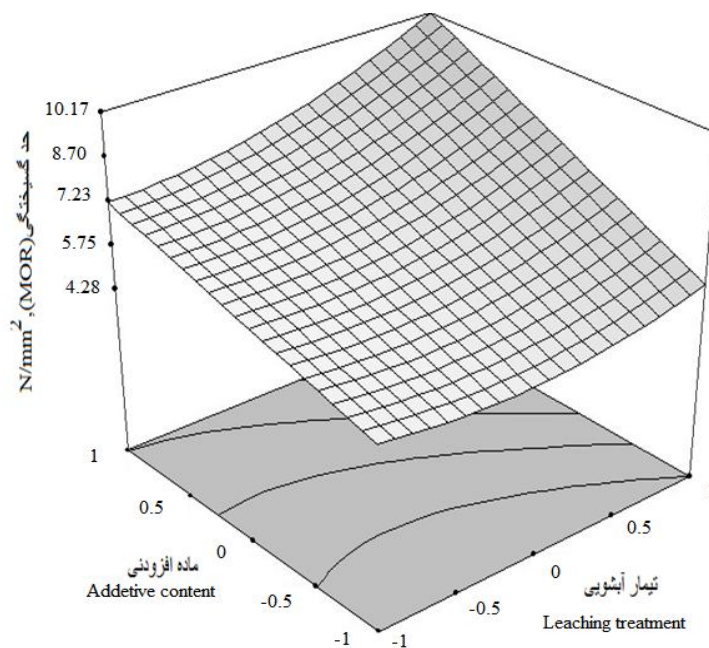
جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس ANOVA برای MOR.

Table 2. The results of analysis of variance ANOVA for MOR.

| منبع Source | مجموع مربعات SS | درجه آزادی df | میانگین مربعات MS | F مقدار F value | مقدار - p (P value) >F احتمال (Probability) |
|------------------------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|---|
| مدل Model | 18.44 | 6 | 4.61 | 166.27 | 0.0001 (معنی‌دار) significant |
| X1 | 27.89 | 1 | 27.89 | 398.85 | 0.0001 |
| X2 | 23.41 | 1 | 23.41 | 334.78 | 0.0001 |
| X1 ² | 14.16 | 1 | 14.16 | 202.52 | 0.0001 |
| X2 ² | 1.01 | 1 | 1.01 | 18.48 | 0.0022 |
| X1X2 | 0.40 | 1 | 0.40 | 5.79 | 0.0317 |
| عدم برازش Lake of fit | 0.74 | 8 | 0.092 | 2.65 | 0.487 (بی معنی) Non-significant |
| انحراف معیار Standard deviation | 0.26 | | | | 0.9871 = R ² (همبستگی طی) Correlation |
| میانگین Mean | 5.37 | | | | ضریب تغییرات 4.93 Coefficient of variation |

با اعمال تیمار آب‌شویی، افزایش چشم‌گیری را می‌توان در میزان مدول گسیختگی مشاهده نمود. از تحلیل نتایج (معادله ۲، شکل ۱ و جدول ۲) مشاهده می‌شود که تیمار آب‌شویی تأثیر معنی‌دار بیش‌تری نسبت به میزان منیزیم کلرید بر روی MOR داشته است. این بهبود در نتیجه سازگاری بهتر بین ذرات لیگنوسلولزی و سیمان در نتیجه حذف مواد مضر کُندکننده (سمی) فرایند هیدراتاسیون سیمان به‌واسطه آب‌شویی می‌تواند باشد (۱۷).

بیش‌ترین مقدار MOR مربوط به تخته خرده چوب- سیمان شماره ۱ به مقدار $9/6 \text{ N/mm}^2$ با استفاده از تیمار با آب گرم و ۵/۵ درصد منیزیم کلرید بود که بالاتر از استاندارد می‌باشد. طبق استاندارد EN 634-2 (CEN, 2007) میزان MOR لازم 9 N/mm^2 مشخص شده است (۸). مشاهده می‌شود که با کاهش شدت تیمار و همزمان کاربرد کمتر مواد افزودنی MOR در حداقل قرار می‌گیرد. این در حالی است که با افزایش همزمان شدت تیمار و ماده افزودنی MOR در حداکثر قرار می‌گیرد. همچنین مشاهده می‌شود که با کاهش شدت تیمار آب‌شویی و افزایش میزان ماده افزودنی و بالعکس کاهش میزان ماده افزودنی و افزایش شدت تیمار آب‌شویی شدت افزایش MOR با کندی مواجه می‌شود.



شکل ۱- نمودار سطح پاسخ و خطوط هم‌تراز اثر متغیرها بر MOR.

Figure 1. Response surface diagram and corresponding lines of variables effect on MOR.

وجود مواد قندی و درصد مواد استخراجی بالا تأثیرات متفاوتی بر گیرایی سیمان و مقاومت تخته‌های ساخته شده دارد (۱۶). با افزودن مواد افزودنی به واسطه تأثیرگذاری بر روی سرعت هیدراتاسیون قبل از آن که مواد قندی و مواد استخراجی باعث کندسازی فرآیند هیدراتاسیون در نتیجه تشکیل لایه نفوذناپذیر شوند، دانه‌های سیمان آب را جذب کرده و سرعت هیدراتاسیون افزایش یافته و باعث بهبود مقاومت‌های تخته می‌شود. همچنین محیط قلیایی بسیار بالا در خمیر سیمانی و انحلال شدید مواد قندی باعث می‌شود تا غشای نفوذناپذیر آب متراکم شده در اطراف دانه‌های سیمانی تشکیل شود و از نفوذ آب به دانه‌های سیمانی جلوگیری کند که این امر خود باعث می‌شود تا فرآیند هیدراتاسیون به طور کامل صورت نگیرد. در نتیجه آن، فرآیند کریستالیزاسیون دانه‌های سیمان به تأخیر افتاده و میزان رشد کریستال‌ها نیز کاهش می‌یابد که این امر باعث کاهش مقاومت‌های تخته خواهد شد (۱۵).

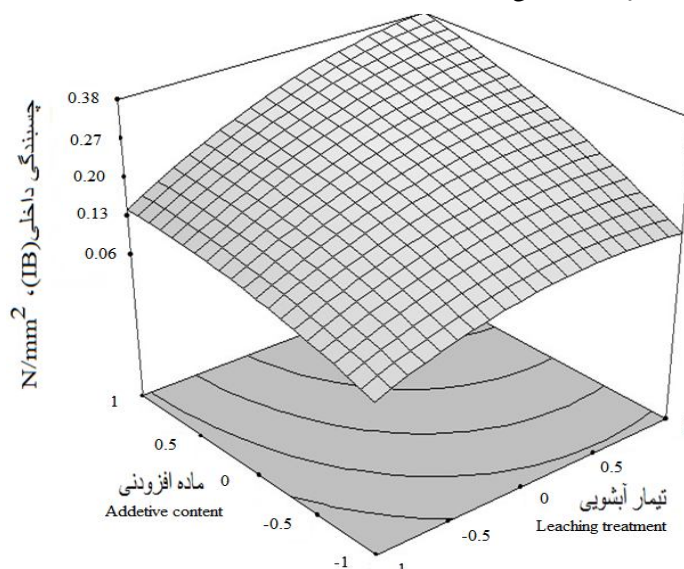
مقادیر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده بین ۰/۰۶ تا ۰/۳ N/mm به دست آمد (جدول ۱ و شکل ۲). نتایج نشان می‌دهد که چسبندگی داخلی پانل‌های تولید شده به طور معنی‌داری تحت تأثیر متغیرهای مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۳). همچنین ضرایب خطی مثبت در (β_1) و (β_2) در معادله ۳ نشان‌دهنده آن است که تیمار آب‌شویی و افزایش میزان منیزیم کلرید به طور مستقیم باعث افزایش IB تخته می‌شود به طوری که از شکل ۲ نیز این نتیجه دریافت می‌شود. با اعمال تیمار آب‌شویی بر روی باگاس با آب گرم و افزایش میزان ماده افزودنی نیز، چسبندگی داخلی افزایش یافته است. در حالی که با کاهش میزان ماده افزودنی و بدون اعمال تیمار آب‌شویی، چسبندگی داخلی کاهش یافته است. پایین‌ترین مقدار چسبندگی داخلی به دست آمده در تخته شماره ۱۳ با ۱/۵ درصد منیزیم کلرید و بدون تیمار آب‌شویی مشاهده شد. همچنین بالاترین مقدار چسبندگی داخلی به دست آمده از پانل‌های شماره ۱، ۱۲ و ۳ به دست آمد، این در حالیست که تخته‌های شماره ۱۳، ۵، ۷، ۴ و ۹ کم‌ترین میزان چسبندگی داخلی را دارا بودند. به طور کلی، با افزایش همزمان شدت آب‌شویی و میزان ماده افزودنی مقدار IB در حداکثر قرار می‌گیرد، در حالی که عدم تیمار شستشو و کاربرد حداقل ماده افزودنی چسبندگی داخلی تخته در حداقل قرار می‌گیرد. همچنین مشاهده می‌شود که شدت افزایش IB با کاربرد ماده افزودنی بیشتر و عدم اعمال تیمار شستشو و یا اعمال تشدید شستشو و عدم کاربرد ماده افزودنی کند می‌گردد.

جدول ۳- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس ANOVA برای IB

Table 3. The results of analysis of variance ANOVA for internal bonding (IB).

| منبع Source | مجموع مربعات SS | درجه آزادی df | میانگین مربعات MS | مقدار F F value | مقدار p - (P value) >F احتمال |
|------------------------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|---|
| مدل Model | 0.26 | 5 | 0.052 | 39.96 | 0.0001 (معنی دار) significant |
| X1 | 0.073 | 1 | 0.073 | 56.65 | 0.0001 |
| X2 | 0.14 | 1 | 0.14 | 106.60 | 0.0001 |
| X1 ² | 0.13 | 1 | 0.13 | 98.50 | 0.0001 |
| X2 ² | 0.026 | 1 | 0.026 | 19.77 | 0.0007 |
| عدم برازش Lake of fit | 0.015 | 8 | 1.859 | 4.81 | 0.0502 (بی معنی) Non-significant |
| انحراف معیار Standard deviation | 0.036 | | | | همبستگی $R^2 = 0.9389$ Correlation |
| میانگین Mean | 0.49 | | | | ضریب تغییرات = 7.35 Coefficient of variation |

اعمال تیمار آبشویی باعث کاهش مواد قندی و ماد استخراجی باگاس شده، در نتیجه هیدراتاسیون بهتر سیمان را سبب می‌شود، در نهایت با ایجاد اتصالات بهتر بین سیمان و باگاس، تخته‌هایی با مقاومت بهتر به دست می‌آید.



شکل ۲- نمودار سطح پاسخ و خطوط هم‌تراز اثر متغیرها بر IB.

Figure 2. Response surface diagram and corresponding lines of variables effect on IB.

به‌طور کلی در اوراق مرکب با اتصال‌دهنده‌های معدنی ایجاد برقراری اتصالات شیمیایی امکان‌پذیر نمی‌باشد (۲). در این نوع اوراق مرکب اتصال صرفاً از طریق درگیری مکانیکی اتصال‌دهنده معدنی به‌داخل ماده آلی (چوب یا ماده لیگنوسلولزی) صورت می‌پذیرد. کاربرد مواد افزودنی به‌واسطه حذف مواد استخراجی مضر باعث معدنی شدن^۱ ذرات لیگنوسلولزی شده و به‌واسطه آن امکان ایجاد پیوند مؤثرتر اتصال‌دهنده‌های معدنی همچون سیمان با مواد معدنی که به داخل خلل و فرج ذرات نفوذ پیدا کرده است، می‌شود. این امر باعث می‌شود تا مقاومت‌ها افزایش یابند (۲۰). مقاومت اوراق سیمانی وابسته به دمای حداکثر هیدراتاسیون خمیر سیمان نیز می‌باشد. لذا به‌موازات افزایش میزان مواد استخراجی دمای هیدراتاسیون کاهش می‌یابد (۹). ولی با تیمار آب‌شویی مواد استخراجی در سیستم کاهش یافته و این امر باعث می‌شود تا دمای حداکثر هیدراتاسیون افزایش یابد. همچنین به‌واسطه کاربرد مواد افزودنی تسریع‌کننده هیدراتاسیون، دمای حداکثر هیدراتاسیون افزایش می‌یابد. از این‌رو می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آب‌شویی یا کاربرد مواد افزودنی مقاومت تخته‌ها افزایش یابد (۱۱).

در شکل ۳ و جدول ۳ اثر تیمار آب‌شویی و میزان منیزیم کلرید بر روی جذب آب (WA) نشان شده است. محدوده جذب آب نمونه‌ها برای ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بین ۱۷/۶۱ تا ۳۶/۸ درصد بوده است. از معادله ۴ مشاهده می‌شود که ضریب خطی (β_1 و β_2) برای WA مقادیر منفی را نشان می‌دهد. این بدان معنی است که با افزایش میزان منیزیم کلرید و اعمال تیمار آب‌شویی، مقدار WA کاهش می‌یابد. جدول ۴ اثر معنی‌داری تیمار آب‌شویی (X_1) و میزان منیزیم کلرید الیاف باگاس (X_2) را بر روی واکنش‌دهی ضخامتی تخته خرده‌چوب-سیمان نشان می‌دهد. در شکل ۳ مشاهده می‌شود که کم‌ترین مقدار جذب آب مربوط به تخته خرده‌چوب-سیمان شماره ۱ با مقدار ۱۷/۶۱ درصد با ترکیب شرایط ۵ درصد منیزیم کلرید و تیمار آب‌شویی با آب گرم می‌باشد. همچنین بیش‌ترین جذب آب طی ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مربوط به تخته خرده‌چوب-سیمان شماره ۱۳ (۳۶/۸۰ درصد) با ذرات تیمار نشده باگاس و کاربرد کم‌ترین میزان ماده افزودنی (۱/۵ درصد) می‌باشد. مشاهده می‌شود که با افزایش همزمان شدت تیمار شستشو و میزان ماده افزودنی در تخته، میزان جذب آب در حداقل ممکن قرار می‌گیرد، در حالی‌که با افزایش میزان ماده افزودنی و عدم اعمال تیمار شستشو و یا

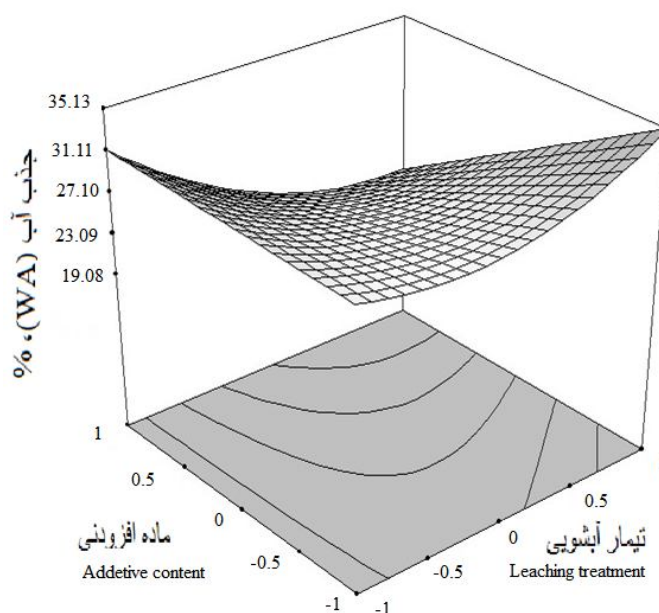
مرتضی ناظریان و همکاران

افزایش شدت تیمار شستشو و کاهش میزان ماده افزودنی، میزان جذب آب در حداکثر قرار می‌گیرد. این بدان معنی است که تحت شرایط تأثیر توام دو متغیر مستقل شستشو و ماده افزودنی خواص جذب آب تخته بهبودی ایجاد می‌شود.

جدول ۴- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس ANOVA برای WA و TS طی ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب.
Table 4. The results of analysis of variance ANOVA for water absorption (WA) and thickness swelling (TS) after 24 hours immersion in water.

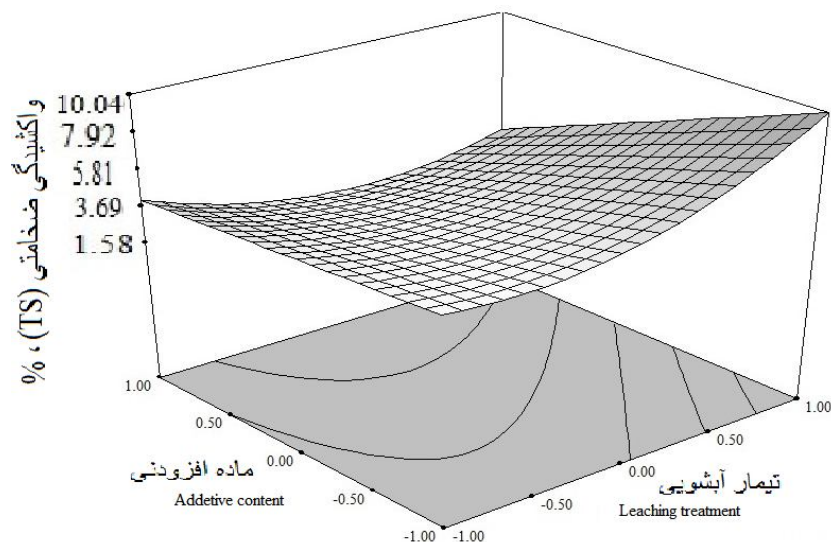
| منبع Source | مجموع مربعات SS | درجه آزادی df | میانگین مربعات MS | F مقدار F value | p – مقدار (Probability) احتمال >F |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--|
| مدل (Model)، WA | 18.55 | 4 | 46.89 | 28.3 | معنی‌دار (significant) 0.001 |
| مدل (Model)، TS | (45.83) | (3) | (15.28) | (59.57) | معنی‌دار (significant) 0.001 |
| X1، WA | 80.26 | 1 | 80.26 | 48.44 | 0.0004 |
| X1، (TS) | (30.68) | (1) | (30.68) | (119.63) | 0.001 |
| X2، WA | 55.08 | 1 | 55.08 | 33.24 | 0.0029 |
| X2، (TS) | (12.98) | (1) | (12.98) | (50.62) | 0.001 |
| X1 ² ، WA | 29.71 | 1 | 29.71 | 17.93 | 0.054 |
| X1 ² ، (TS) | (2.17) | (1) | (2.17) | (20.96) | 0.0173 |
| عدم برازش WA، (Lake of fit) | 12.68 | 4 | 3.17 | 22.15 | بی‌معنی (Non-sig) 0.54 |
| عدم برازش TS، (lake of fit) | (1.13) | (5) | (0.23) | (7.34) | بی‌معنی (Non-sig) 0.62 |
| انحراف معیار (Standard deviation) | 1.29 | | | | |
| WA، (deviation) | (0.51) | | | | |
| انحراف معیار (Standard deviation) | | | | | |
| TS، (deviation) | | | | | |
| میانگین (Mean)، WA | 26.62 | | | | ضریب تغییرات (Coefficient of variation) = 4.81 |
| میانگین (Mean)، TS | (5.61) | | | | ضریب تغییرات (Coefficient of variation) = 9.3 |

الیاف باگاس در مقایسه با دیگر مواد لیگنوسلولزی مقاومت کم‌تری نسبت به جذب آب دارد. علت این امر را می‌توان در ویژگی‌های بیومتری و ضریب لاغری و همچنین ضریب فشردگی آن دانست. ساختار اسفنجی و ویژگی‌های آب‌دوستی باگاس، جذب آب بالا و غیرمتعارف را در نتایج حاصله قابل قبول می‌کند. با اعمال تیمار آب‌شویی، به‌واسطه خروج مواد استخراجی و نشاسته‌ایی که حاوی گروه‌های هیدروکسیل فراوان آب‌دوست هستند، این امکان فراهم می‌شود تا میزان جذب آب در داخل تخته‌ها کاهش یابد. همچنین حضور مواد تسریع‌کننده هیدراتاسیون همچون $MgCl_2$ ، به‌واسطه نفوذ بیش‌تر کریستال‌های طولی‌تر (در نتیجه هیدراتاسیون کامل‌تر سیمان) به‌داخل منافذ میکرونی و اسفنجی ذرات باگاس، امکان نفوذ کم‌تر آب به‌داخل تخته را فراهم کرده و نتیجتاً کاهش جذب آب فراهم می‌شود. همچنین در بسیاری از موارد همبستگی معنی‌داری بین میزان جذب آب و میزان واکنش‌پذیری ضخامتی وجود دارد. به‌نحوی که با افزایش میزان واکنش‌پذیری و در نتیجه برگشت ضخامتی بیش‌تر، این امکان فراهم می‌شود تا مقدار بیش‌تری آب در داخل تخته نفوذ کند.



شکل ۳- نمودار سطح پاسخ و خطوط هم‌تراز اثر متغیرها بر جذب آب (WA) طی ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب.
 Figure 3. Response surface diagram and corresponding lines of variables effect on the water absorption (WA) after 24 hours immersion in water.

نتایج به دست آمده از واکنشیدگی ضخامت (TS) به طور معنی داری ($p < 0/05$) تحت تأثیر متغیرهای مورد استفاده در ساخت تخته خرده چوب-سیمان قرار گرفته است (جدول ۴). همان طور که مشاهده می شود میزان واکنشیدگی ضخامتی تخته ها خیلی بیش تر از مقداری است که در استانداردها بیان شده است. طبق استاندارد EN 634-2 (CEN, 2007) میزان TS لازم ۱/۲ تا ۱/۸ درصد مشخص شده است (۸). یکی از عمده ترین دلایل واکنشیدگی ضخامتی بیش از حد تخته ها می تواند میزان بسیار زیاد مواد قندی موجود در ذرات باگاس باشد.



شکل ۴- نمودار سطح پاسخ و خطوط هم تراز اثر متغیرها بر واکنشیدگی ضخامتی (TS) طی ۲۴ ساعت غوطه وری در آب.
Figure 4. Response surface diagram and corresponding lines of variables effect on the thickness swelling (TS) after 24 hours immersion in water.

در شکل ۴ اثر تیمار آبشویی و میزان ماده افزودنی بر روی TS نشان داده شده است. همبستگی مثبت بین تیمار آبشویی (X_1) و میزان منیزیم کلرید (X_2) در تخته ها نشان می دهد که تیمارهای مورد استفاده در این مرحله، اثر قابل ملاحظه ای در مقدار TS چندسازه دارد. با توجه به معادله رابطه ۵، منفی بودن ضریب خطی β_1 به معنای اثر مثبت تیمار آبشویی بر میزان واکنشیدگی ضخامتی می باشد که منجر به کاهش در مقدار TS خواهد شد. از سوی دیگر ضریب خطی β_2 منفی بوده، در نتیجه تأثیر عکس بر میزان TS داشته است و با افزایش میزان ماده افزودنی، میزان واکنشیدگی ضخامتی کاهش

می‌یابد. میزان واکنش‌پذیری تخته‌ها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بین ۱/۶ تا ۹/۶۵ درصد بود. بیش‌ترین میزان درصد TS مربوط به تخته خرده چوب-سیمان شماره ۱۳ (۹/۶۵ درصد) ساخته شده از ذرات بدون تیمار آب‌شویی و ۱/۵ درصد منیزیم کلرید می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش ماده افزودنی واکنش‌پذیری ضخامتی کاهش می‌یابد. همچنین اعمال تیمار آب‌شویی تأثیر به‌سزایی بر واکنش‌پذیری ضخامتی تخته داشته و باعث کاهش واکنش‌پذیری ضخامتی می‌شود که علت این امر را می‌توان در شست و شوی باگاس دانست. با اعمال شست و شو، مواد قندی و مواد استخراجی باگاس خارج شده و باعث کاهش میزان گروه‌های آلدوست می‌شود و در نتیجه کاهش آب‌دوستی، تنش ناشی از جذب آب خیلی کم‌تر از نیروی چسبندگی داخلی ذرات می‌شود (۱۹). همزمان ملاحظه می‌شود که تخته‌هایی که دارای چسبندگی داخلی کم‌تری دارند دارای برگشت ضخامتی یا در واقع واکنش‌پذیری ضخامتی بیش‌تری هستند. همان‌طور که مشهود است ارتباط معنی‌دار معکوسی بین واکنش‌پذیری ضخامتی و چسبندگی داخلی وجود دارد. بنابراین به‌موازات کاهش چسبندگی داخلی در تخته‌های نظیر تیمار ۱۳، افزایش واکنش‌پذیری ضخامتی رخ می‌دهد. همچنین با افزایش میزان منیزیم کلرید، میزان TS کاهش یافته به محدوده استاندارد موردنظر می‌رسد. بر اساس ضرایب موجود در معادله مدل، شدت تغییرات واکنش‌پذیری ضخامتی با اعمال تیمار آب‌شویی بیش‌تر بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

مدل ارائه شده توسط روش سطح پاسخ با توجه به معنی‌داری آن در طی آنالیز آماری، برآورد مناسب و معنی‌داری برای تعیین نقطه مناسب کاربرد متغیرهای مورد استفاده را فراهم کرده است. بر اساس آنالیز آماری به‌دست آمده، اثر تیمار آب‌شویی و میزان ماده افزودنی تا سطح اطمینان ۹۹ درصد بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی معنی‌دار بوده است.

تیمارهایی که در آن‌ها از ذرات باگاس آب‌شویی شده استفاده شد و حاوی حداکثر میزان ماده افزودنی $MgCl_2$ بوده‌اند (۵/۵ درصد)، بالاترین حد گسیختگی (MOR) و چسبندگی داخلی (IB) را دارا بوده‌اند. این افزایش مقاومت می‌تواند در نتیجه حذف مواد استخراجی و مواد قندی در اثر تیمار آب‌شویی و تسریع در فرایند هیدراتاسیون در نتیجه افزودن مواد افزودنی باشد. همچنین جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامتی پس از غوطه‌وری در آب با اعمال تیمار آب‌شویی و افزودن ماده افزودنی در نتیجه حذف بیش‌تر گروه‌های آلدوست با وزن مولکولی پایین در نتیجه آب‌شویی و به تأخیر انداختن

تأثیر مواد استخراجی در نتیجه تسریع در فرایند هیدراتاسیون به واسطه وجود ماده افزودنی کاهش معنی‌داری داشته است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (ANOVA)، تیمار آب‌شویی با آب گرم اثر بیش‌تری بر روی بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی در مقایسه با سایر سطوح این تیمار و نیز در مقایسه با تغییر در میزان ماده افزودنی $MgCl_2$ داشته است، به طوری‌که شرایط بهینه برای بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی با اعمال تیمار آب‌شویی گرم همراه با کاربرد $4/5$ درصد ماده افزودنی $MgCl_2$ به دست آمد. تحت این شرایط، MOR، IB، WA و TS به ترتیب برابر $9 N/mm^2$ ، $17/68$ ، $0/3$ درصد و $1/6$ درصد بوده است.

منابع

1. Balasubramanian, M., Jayabalan, V., and Balasubramanian, V. 2008. A mathematical model to predict impact toughness of pulsed current gas tungsten arc welded titanium alloy [J]. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 35(9/10): 852-858.
2. Bejo, L., Takats, P., and Vess, N. 2005. Development of cement bonded composite beams. *Acta Silvatica and Lignaria Hungarica*, 1: 111-119.
3. Cochran Cox G.M. 1962. *Experimental design*. New Delhi: Asia publishing House.
4. Del Menezzi, C.H.S., De Castro, V.G., and De Souza, M.R. 2007. Production and properties of a medium density wood-cement boards produced with oriented strands and silica fume. *Maderas- Ciencia y Tecnología*, 9(2): 105-115.
5. EN 310. 1999. Standard Test Methods for Determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Standardization Committee, Brussels.
6. EN 317. 1999. Standard Test Methods for Determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee, Brussels.
7. EN 319. 1999. Standard Test Methods for Determination of tensile strength. European Standardization Committee, Brussels.
8. EN 634-2. 2003. Cement-bonded particleboard-Specifications. Part 2: Requirements for OPC bonded particleboard for use in dry, humid and external conditions. Brussels: European Committee for Standardization.
9. Frybort, S., Mauritz, R., Teischinger, A., and Muller, U. 2008. Cement bonded-composites- A mechanical review. *Bioresources*, 3(2): 602-626.
10. Govin, A., Peschard, A., and Guyonnet, R. 2006. Modification of cement hydration at early ages by natural and heated wood. *Cement and Concrete Composites*, 28(1): 12-20.

11. Hermawan, D., Hata, T., Kawai, S., Nagadomi, W., and Kuroki, Y. 2001. Manufacturing oil palm fronds cement-bonded board cured by gaseous or supercritical carbon dioxide. *Wood Science*, 48(1): 20- 24.
12. Manonmani, K., Murugan, N., and Buvanasekaran, G. 2007. Effect of process parameters on the bead geometry of laser beam welded stainless steel sheets. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 32(11): 1125-1133.
13. Moslemi, A.A., and Lim, Y.T. 1984. Compatibility of southern hardwoods with Portland cement. *Forest Product Journal*, 34(7/8): 22-26.
14. Nagadomi, W., Kuroki, Y., Eusebio, D.A., Ma, L., Kawai, S., and Sasaki, H. 1996. Rapid curing of cement-bonded particleboard III. Effects of sodium hydrogen carbonate and some cement hardening accelerators. *Mokuzai Gakkaishi*, 42(8): 762-768 (in Japanese)
15. Nazerian, M., and Sadeghiapanah, V. 2013. Cement-bonded particleboard with a mixture of wheat straw and poplar Wood. *Journal of Forestry Research*, 24(2): 381-390.
16. Nazerian, M., Dahmardeh Ghalehno, M., and Gozali, E. 2011a. Effects of wood species, particle sizes and dimensions of residue obtained from trimming of wood-cement composites on physical and mechanical properties of cement-bonded particleboard. *Wood Material Science and Engineering*, 6(4): 103-113.
17. Nazerian, M., Gozali, E., and Dahmardeh Ghalehno, M. 2011b. The influence of wood extractives on the hydration kinetics of cement paste and cement – bonded particleboards. *Journal of Applied Sciences*, 11(12): 2186-2192.
18. Noor Azrieda, A.R., Razali, A.K., Izran, K., Rahim, S., and Abdul Aziz, M. 2009. Hydration performance of cement bonded wood composites: compatibility assessment of six pioneer forest species. *Journal of Borneo Science*, 25: 47-57.
19. Semple, K.E., Evans, P.D., and Cunningham, R.B. 2000. Compatibility of 8 temperate Australian Eucalyptus species with Portland cement. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 58(5): 315-316.
20. Vaickelionis, G., and Vaickelioniene, R. 2006. Cement hydration in the presence of wood extractives of pozzolan mineral additives. *Ceramics- Silikaty*, 50(2): 115-122.
21. Wei, Y.M., Tomita, B., Hiramatsu, Y., Miyatake, A., and Fujii, T. 2002. Study of hydration behaviors of wood-cement mixtures: compatibility of cement mixed with wood fiber strand obtained by the water-vapor explosion process. *Journal of Wood Science*, 48: 365-373.
22. Yasuda, S., Hirano, J., Nagadomi, W., Tange, J., and Tachi, M. 1989. Manufacture of wood-cement boards. III. Cement- hardening inhibitory components of western red cedar heartwood. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 9(1): 123-133.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (4), 2016
<http://jwfst.gau.ac.ir>

The effect of water-leaching treatment of bagasse particles and additive content on the properties of cement-bonded particleboard

***M. Nazerian¹, S. Hosseini Eghbal², H. Kermaniyan³ and R. Mohebbi Gargari⁴**

¹Associate Prof., Dept., of Cellulose and Paper Technology, Faculty of New Technologies and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, Associate Prof., Dept., of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol,

²M.Sc. Student, Dept., of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol,

³Assistant Prof., Dept., of Cellulose and Paper Technology, Faculty of New Technologies and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, ⁴Lecturer, Dept., of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol

Received: 11/02/2015 ; Accepted: 05/03/2015

Abstract

Background and objectives: As renewable resources, agricultural wastes such as bagasse can be used as raw materials for making cement-bonded particleboard (CBPB). Also for improving cement-bonded particleboard properties by increasing the hydration speed, some methods such as water leaching and additives must be examined to eliminate or mitigate harmful substances and increase the compatibility between organic material and cement. So, the present research is aimed at studying the effect of water-leaching treatment of bagasse and $MgCl_2$ additive content on properties of cement-bonded particleboard.

According to the results of the research by Govin et al. (2007), thermal treatment of wood creates dimensional stability, reduces the fibers' hydrophilicity and increases the strength of the boards by removing the negative effects of water soluble carbohydrates, hemicellulose and lignin on the hydration speed. Also according to the researches by Del Menezzi et al. (2007), adding catalysts to water and cement mixture can increase the hydration speed of the cement paste by increasing compatibility between wood and lignocellulosic materials and cement hydration process.

Materials and methods: The used materials in this research include bagasse, Portland cement type II and $MgCl_2$. In this research, by using Response Surface Methodology (RSM), the effect of water-leaching treatment and $MgCl_2$ additive

*Corresponding author: morteza17172000@yahoo.com

content was examined on modulus of rupture (MOR), internal bonding (IB) strength, water absorption (WA) and thickness swelling (TS) of bagasse-based CBPB. Quadratic models based on Central Composite Face design (CCF) were developed to correlate the variables including water-leaching treatment (X_1) and additive content (X_2) with the dependent variables including MOR, IB, WA and TS.

Findings: Analysis of variance (ANOVA) showed that hot water-leaching treatment improved better the physical and mechanical properties. Also, the optimal condition for improving physical and mechanical properties using hot water-leaching treatment was to use 4.5% $MgCl_2$ additive. In this condition, MOR, IB, WA and TS were 9 N/mm², 0.3 N/mm², 17.68% and 1.6%, respectively.

Conclusions: Due to its significance in the statistical analysis, the model presented by Response Surface Methodology provided a suitable and significant estimate to determine the application of the variables. According to the statistical analysis, the effect of water-leaching treatment and additive content was significant on the physical and mechanical properties at the level of confidence 99%.

Keyword: Additives, Bagasse, Cement-bonded particleboard, Physical and mechanical properties, Water-leaching treatment.