Archive Of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دورهٔ ٦٩، شمارهٔ ٢، تابستان ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۳/۲۵

ص ٤١٩-٤٣٢

اثر مادهٔ لیگنوسلولزی بر فرایند هیدراتاسیون، ویکات و خواص مکانیکی تخته خرده‌چوب-گچ

❖ **میثم کامیاب*** ؛ کارشناس ارشد گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
❖ **مرتضی ناظریان؛** دانشیار گروه فناوری کاغذ و سلولز، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی؛ دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

در این مطالعه امکان ساخت تخته خرده‌چوب-گچ (GBPB) از ذرات باگاس (*Saccharum ossicinarum l.*) و کاه گندم (*Oryza sativa l.*) با نسبت سطوح مختلف و نسبت گچ: مواد لیگنوسلولزی بررسی شد. نسبت باگاس: کاه گندم از ۱۰۰: ۰، ۹۳/۷۵: ٦/۲۵، ۸۷/۵: ۱۲/۵، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵/۲۵ و ۰: ۱۰۰ در GBPB آزمایشگاهی با استفاده از دو نسبت گچ به مواد لیگنوسلولزی (LR : G) یعنی ۱:۲/۷۵ و ۱:۳/۲۵ با دانسیتهٔ ۱/۰۵ و ۱/۲۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب ساخته شد. مقاومت خمشی (MOR)، مدول الاستیسیته (MOE) و چسبندگی داخلی (IB) تخته‌ها و همچنین فرایند هیدراتاسیون خمیر گچ بررسی شد و تحلیل آماری و تحلیل واریانس به‌منظور بررسی امکان ساخت از پسماندهای کشاورزی در تولید GBPB تجاری انجام گرفت. بررسی هیدراتاسیون نشان داد که مواد لیگنوسلولزی که دارای مواد استخراجی بیشتری هستند سبب کاهش دمای هیدراتاسیون و افزایش زمان سخت شدن مادهٔ معدنی خواهند شد. نتایج تجربی نشان دادند که مدول گسیختگی و مدول الاستیسیتهٔ تخته‌های حاوی ۰ ، ٦/۲۵ و ۱۲/۵ درصد کاه گندم با نسبت ۱:۲/۷۵ بیشتر از پانل‌های ساخته‌شده بود. به‌طور کلی، تخته‌هایی که از درصد بیشتر ذرات باگاس در ساختشان استفاده شده، مقاومت مطلوب‌تری دارند و پاسخگوی مناسبی در زمینهٔ رفع احتیاجات هستند.

واژگان کلیدی: باگاس، تخته خرده‌چوب-گچ، خواص مکانیکی، کاه گندم، هیدراتاسیون.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۷۶۹۶۲۱۱
Email: kamyab.meisam6906@gmail.com

www.SID.ir

Archive Of SID

مقدمه

سالانه مقادیر زیادی از منابع لیگنوسلولزی حاصل از ضایعات محصولات کشاورزی مانند کاه گندم و باگاس در عرصه‌های کشت تولید می‌شود. این مواد زاید را می‌توان به‌عنوان مادهٔ اولیهٔ جایگزین مواد معدنی یا آلی برای تولید کامپوزیت چوب- معدنی در نظر گرفت. ترکیب الیاف پشم معدنی اثری قوی بر سازگاری بین چوب و مواد لیگنوسلولزی و سیمان و نتایج خواص مکانیکی حاصل نشان داده شده است. به‌خوبی شناخته شده است که درهم‌روی مکانیکی تأثیر مهمی در فرایند چسبندگی پانل های چوب- معدنی دارد [۱]. با توجه به وجود لایه‌های مومی و سیلیکاتی پوشش ساقهٔ گندم، که سبب ممانعت از تماس مستقیم کافی بین الیاف گندم می‌شود، استفاده از مواد حاصل به‌عنوان مواد فیبر خام برای تولید پانل محدود شده است [۲]. علاوه‌بر این، کاه ناشی از این مواد ساختارهای توخالی و لوله ای دارد. وقتی که کاه به ذرات کوچک خرد می‌شود، برخی از ذرات خرد نمی‌شوند و به‌شکل لوله باقی می‌مانند که مانع رسیدن مادهٔ معدنی به سطوح داخلی کاه می شوند [۳]. برخی از اشکالات تخته خرده‌چوب-گچ، تمایل برای افزایش جذب رطوبت به‌دلیل هیگروسکوپیک[1] بودن گچ و چوب است [٤]. به‌عنوان مادهٔ ساختمانی، تخته خرده‌چوب-گچ باید واکشیدگی ضخامت (TS) کم و خواص مکانیکی خوبی برای اطمینان از ثبات ابعاد داشته باشد. پانل‌های گچی تقویت‌شده با عناصر چوبی و سلولزی دارای خواصی مکانیکی همچون مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه در حد مطلوب‌اند.

پخت گچ سبب واکنش‌های شیمیایی بین آب و همی‌هیدرات سولفات کلسیم ($CaSO_4 \cdot ½ H_2O$) موجود در فرمولاسیون گچ شده است. گندم و باگاس از مقادیر کمتر لیگنین و مقادیر بیشتر مواد استخراجی تشکیل شده‌اند. وجود مواد استخراجی حاوی قند، مورفولوژی و اندازهٔ بلورهای هیدرات ساخته‌شده و هیدرات آسیب‌دیده در اطراف ذرات معدنی دهیدرات، مانع سخت شدن یا موجب تأخیر در آن و سبب تأثیر بر چسبندگی مادهٔ معدنی با چوب می شود [۱، ۵ ، ٦]. از سوی دیگر، سخت شدن اولیهٔ گچ به‌طور معمول حدود ۱۰ دقیقه طول می‌کشد که برای پاسخگویی به درخواست تولید بیش از حد کوتاه است [۷]. در واقع، گسترش و فشار فرایند ممکن است مانع رسیدن درجهٔ حرارت هیدراتاسیون مخلوط گچ- چوب- آب به بالاترین نقطهٔ خود و تکمیل سخت شدن مخلوط شود [۸]. علاوه‌بر این، به‌نظر می‌رسد pHعصارهٔ آبی که از مواد لیگنوسلولزی استخراج می‌شود تا حد زیادی بیشتر از چوب است. گونه‌های با pH بیشتر از ٤/۹ در نظر گرفته‌شده سازگارند. از سوی دیگر، گونه‌های با pH کمتر از ۳/۹ ناسازگار در نظر گرفته شده‌اند که در این وضعیت، مواد استخراجی و pH بالا می‌تواند به‌عنوان کندکنندهٔ طبیعی عمل کنند و سبب تأخیر در سخت شدن اولیهٔ تیمار مخلوط شوند.

اگرچه در ایران تحقیقاتی دربارهٔ استفاده از منابع لیگنوسلولزی مختلف بر چسبندگی خواص تخته خرده‌چوب- سیمان صورت گرفته، تأثیرات این مواد بر ویژگی‌های تخته خرده‌چوب-گچ به‌صورت بسیار محدودی بررسی شده است. براساس مطالعات صورت‌گرفته در داخل کشور، از کامپوزیت چوب-گچ از کاه گندم که جزء منابع لیگنوسلولزی فصلی است استفادهٔ چندانی صورت نگرفته است. در این تحقیق

1. Hygroscopic

www.SID.ir

Archive Of SID

امکان استفاده از این مادهٔ آلی بررسی شده است. هدف این مطالعه، بررسی میزان دما و مدت زمان سخت شدن گچ در هنگام اختلاط با مواد آلی و تعیین خواص مکانیکی تخته خرده‌چوب-گچ (GBPB) تولیدشده از کاه گندم و ذرات باگاس در نسبت‌های مختلف با استفاده از دو نسبت مواد لیگنوسلولزی به گچ بود.

مواد و روش‌ها

مواد

مادهٔ مورد استفادهٔ باگاس (*Saccharum ossicinarum l.*) از نواحی جنوب غربی ایران تهیه شد. کاه گندم (*Oryza sativa l.*) از مزارع شهرستان زابل پس از آسیاب توسط خردکن‌ها جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. اندازهٔ ظاهری ذرات باگاس و کاه گندم به‌صورت یکسان با طول متوسط ۸-۳ و ضخامت ۱-۰/٤ میلی‌متر برای کاربرد در ساخت تخته خرده‌چوب-گچ در نظر گرفته شد. مادهٔ اتصال‌دهندهٔ معدنی استفاده‌شده، گچ کارخانهٔ امید سمنان بود.

عوامل متغیر و ثابت

در تحقیق صورت‌گرفته اثر عوامل متغیر مستقل بر خواص مکانیکی تخته‌ها بررسی شد. این عوامل شامل میزان اختلاط مواد لیگنوسلولزی باگاس و کاه گندم در هفت سطح (۱۰۰:۰، ۹۳/۷۵:٦/۲۵، ۸۷/۵:۱۲/۵، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰) و مقدار مادهٔ اولیهٔ لیگنوسلولزی نسبت به مادهٔ اتصال‌دهندهٔ معدنی (گچ) در دو سطح ۱:۲/۷۵ و ۱:۳/۲۵ بود که در مجموع ١٤ تیمار به‌دست آمد (جدول ۱). از هر تیمار سه تکرار و در مجموع ٤٢ تخته ساخته شد. تخته‌های نهایی در ابعاد ۱۲× ۳۵ × ۳۵ سانتی‌متر و دانسیتهٔ اسمی ۱/۰۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۱/۲۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب با عدم قطعیت ±۰/۰٤ ساخته شدند.

جدول ۱. نسبت‌های گندم/ باگاس و گچ: الیاف لیگنوسلولزی در تولید تخته خرده‌چوب-گچ

تخته	درصد گندم	درصد باگاس	گچ: الیاف لیگنوسلولزی
A	۰	۱۰۰	۱:۲/۷۵
B	۶/۲۵	۹۳/۷۵	۱:۲/۷۵
C	۱۲/۵۰	۸۷/۵	۱:۲/۷۵
D	۲۵	۷۵	۱:۲/۷۵
E	۵۰	۵۰	۱:۲/۷۵
F	۷۵	۲۵	۱:۲/۷۵
G	۱۰۰	۰	۱:۲/۷۵
H	۰	۱۰۰	۱:۳/۲۵
I	۶/۲۵	۹۳/۷۵	۱:۳/۲۵
J	۱۲/۵۰	۸۷/۵	۱:۳/۲۵
K	۲۵	۷۵	۱:۳/۲۵
L	۵۰	۵۰	۱:۳/۲۵
M	۷۵	۲۵	۱:۳/۲۵
N	۱۰۰	۰	۱:۳/۲۵

آزمون هیدراتاسیون[1]

بررسی آزمون هیدراتاسیون بر روی تیمارهای مورد نظر برای ارزیابی سازگاری مواد مورد استفاده با گچ و میزان دمای تابیده‌شده از ترکیب فرایند و اختلاط با آب با استفاده از روش استاندارد ASTM C 186-83 (1983) صورت گرفت. زمان سخت شدن نهایی[2] و دمای نهایی[3] تیمارها اندازه گیری و به شکل گراف ارایه گردید . تیمارها و ترکیبات استفاده‌شده در آزمون هیدراتاسیون به‌همراه کد در جدول ۲ آورده شده است.

1. Hydration test
2. Setting time max
3. Temperature max

www.SID.ir

Archive Of SID

جدول ۲. تیمارهای آزمون هیدراتاسیون

a. گچ + آب	**G.W**
b. گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵	**G. A 0.05**
c. گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵ + خرده باگاس	**G. A 0.05. B**
d. گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵ با مواد استخراجی باگاس با شست‌وشوی آب سرد	**G. A 0.05 BCE**
e. گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵ با مواد استخراجی باگاس با شست‌وشوی آب گرم	**G. A 0.05 BHE**
f. گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵ + کاه گندم	**G. A 0.05. WS**
g. گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵ با مواد استخراجی کاه گندم با شست‌وشوی آب سرد	**G. A 0.05 WSCE**
h. گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵ با مواد استخراجی کاه گندم با شست‌وشوی آب گرم	**G. A 0.05 WSHE**

نسبت‌های وزنی مختلف ۳۰۰ گرم گچ: ۱۵۰ میلی‌لیتر آب: ۱۵ گرم مادهٔ لیگنوسلولزی برای تیمارهای c و f و ۳۰۰ گرم گچ: ۱۵۰ میلی‌لیتر آب برای تیمارهای a, b, d, e, g و h بودند. این نسبت‌ها براساس نسبت بهینهٔ آب به گچ توسط Simatupang و Lu (۱۹۸۵) تعیین شده‌اند [۹].

آزمون ویکات[1]

سخت شدن خمیر یک شاخص خوب از درجهٔ تبدیل واکنش هیدراتاسیون است. آزمون ویکات شامل تکامل قوام دوغاب، پس از زمان اولیه و سخت شدن نهایی است. نسبت‌های وزنی مختلف ۳۰۰ گرم گچ: ۱۵۰ میلی‌لیتر مایع: ۱۵ گرم مادهٔ لیگنوسلولزی برای تیمارهای c و f و ۳۰۰ گرم گچ: ۱۵۰ میلی‌لیتر مایع برای تیمارهای a, b, d, e, g و h بود. برای کامپوزیت‌های حاوی الیاف، زمان سخت شدن اولیه در معرض تغییرات ناشی از این واقعیت بود که دسته‌ای از الیاف می‌تواند از نفوذ سوزن جلوگیری کند. زمان سخت شدن نهایی پارامتر قابل اطمینان‌تری برای چنین موادی بود. علاوه‌بر این، درصد الیاف کم به‌اندازهٔ کافی (کمتر از ۱۰ درصد وزنی) برای به‌دست آوردن اطلاعات سازگار با این روش منظور می‌شود [۱۰].

آنالیز بیومتریک الیاف

به‌منظور اندازه‌گیری خواص بیومتری الیاف لیگنوسلولزی از روش فرانکلین (۱۹۵٤) [۱۱] استفاده شد. برای هر نمونه طول و قطر ۷۰ عدد از الیاف مواد لیگنوسلولزی اندازه‌گیری شد.

ساخت تخته‌های آزمایشی

فرایند مورد استفاده فرایند نیمه‌خشک (نسبت وزنی آب به گچ ۰/٤) بود. ابتدا اسیدسیتریک ۰/۰۵ (۰/۹۵ آب + ۰/۰۵ اسید سیتریک ۱۰۰ درصد) روی الیاف خشک افشانده شد. پس از مرطوب کردن کامل ذرات مادهٔ لیگنوسلولزی گچ بر روی آن پاشیده و در یک همزن با دور گردش قوی کاملاً با هم مخلوط شد تا مخلوط یکنواخت و همگن مادهٔ لیگنوسلولزی- گچ مرطوب به‌دست آید. سپس این مخلوط همگن در قالب چوبی با ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی‌متر به‌دقت ریخته شد تا تغییرات ضخامت در تختهٔ نهایی اتفاق نیفتد. سپس کیک زیر پرس سرد با فشار حدود ۳ MPa قرار گرفت. مدت زمان قرار گرفتن تخته‌ها در فشار ثابت نگه‌داشته‌شده توسط گیره ۲٤ ساعت بود. پس از باز کردن گیره‌ها، تخته‌های ساخته‌شده به‌منظور تکمیل فرایند هیدراتاسیون به‌مدت ۲٤ ساعت درون کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. در ادامه، پس از خارج کردن تخته‌ها از کیسه‌های

1. Vicat test

www.SID.ir

Archive Of SID

پلاستیکی، تخته‌ها به‌مدت ٦٠ دقیقه به‌منظور متعادل‌سازی رطوبت در هوای آزاد نگهداری شدند. تخته‌ها پس از تکمیل فرایند سخت شدن دارای ١٦ تا ٢٠ در صد رطوبت بودند. به همین منظور تخته‌ها در آون با دمای ٥٠ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ٤ ساعت خشک شدند. خشک کردن تخته‌ها تا رطوبت ١ تا ٢ درصد ادامه یافت. خشک کردن بیشتر سبب کاهش مقاومت تخته‌ها می‌شود. بعد از خشک کردن، نمونهٔ آزمون‌های مکانیکی (مدول الاستیسیته، مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی) براساس استاندارد EN تهیه و آزمایش شد [١٢، ١٣].

تجزیه‌وتحلیل آماری

ساخت تخته‌ها در قالب طرح آماری فاکتوریل صورت گرفت. با استفاده از تحلیل آماری و تحلیل واریانس (ANOVA) اثر مستقل فاکتورهای نسبت باگاس: کاه گندم و دو نسبت گچ به مواد لیگنوسلولزی (G : LR) یعنی ١:٢/٧٥ و ١:٣/٢٥ به‌ترتیب با دانسیتهٔ ١/٠٥ و ١/٢٠ گرم بر سانتی‌متر مکعب و همچنین اثر متقابل آنها بررسی شد. پس از حصول نتایج، مقایسهٔ میانگین‌ها نیز با روش دانکن در سطح آماری ٠/٠٥ برای انتخاب بهترین تیمار در ساخت تخته خرده‌چوب-گچ تعیین شد.

نتایج و بحث

تجزیه‌وتحلیل بیومتری الیاف

در تحقیق صورت‌گرفته اندازه ظاهری طول و ضخامت ذرات آلی تهیه‌شده به‌ترتیب ٨-٣ و ٠/٩-٠/٣ میلی‌متر بود. ازآنجا که ویژگی‌های بیومتری الیاف (طول[1]، قطر[2]، L/D) مواد اولیه به‌طور مستقیم بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازهٔ چوب معدنی تأثیرگذارند، در این بخش ویژگی‌های بیومتری مواد اولیهٔ مورد استفاده شامل باگاس و کاه گندم اندازه‌گیری و با هم مقایسه شد. همان‌طور که در جدول ٣ دیده می‌شود الیاف باگاس در مقایسه با الیاف گندم طول بیشتری داشتند.

جدول ٣. ویژگی‌های بیومتری الیاف لیگنوسلولزی

گونه	میانگین طول ذرات (mm)	میانگین قطر ذرات (μm)	ضریب لاغری (L/D)
باگاس	١/٥٢ (٠/٣٥٨)*	٢٢/١ (٣/١١)	٦٨/٨
کاه گندم	١/٢٤ (٠/٥١٥)	١٤/٧ (٢/٦٣)	٨٤/٣

* اعداد درون پرانتز میزان انحراف معیار از میانگین داده‌های به‌دست‌آمده است.

ضریب لاغری[3] الیاف گندم نسبت به الیاف باگاس بیشتر است. دیوارهٔ فیبر گندم دارای ضخامت زیادند؛ بنابراین از سفتی بیشتر و انعطاف کمتر برخوردارند. درصورتی که دیوارهٔ فیبر باگاس دارای طول زیاد و پراکنش اندازهٔ ذرات بیشتری است. ذرات کاه گندم نیز دارای طول کوتاه و قطر ذرات کم‌اند. به‌طور کلی، کاه گندم دارای ذرات کوچک‌تر نسبت به دیگر الیاف بود. در تحقیقات صورت‌گرفته طول الیاف باگاس ١/٣٨ میلی‌متر، قطر الیاف ١٨ میکرون و ضریب لاغری ٧٦ [١٤] همچنین، متوسط طول و قطر الیاف باگاس به‌ترتیب ١/٥-١ میلی‌متر و ٢٠ میکرون و ضریب لاغری بین ٧٠-٥٠ گزارش شده است [١٥].

فرایند هیدراتاسیون

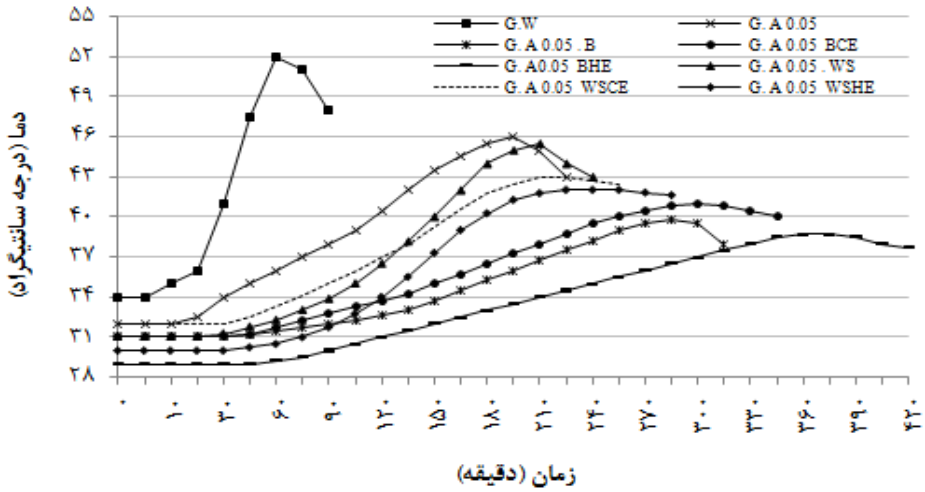
اثر نوع مادهٔ لیگنوسلولزی و مواد استخراجی به‌کار برده‌شده در فرایند هیدراتاسیون گچ- مواد لیگنوسلولزی به‌منظور اندازه‌گیری دقیق دمای هیدراتاسیون کامپوزیت

1. Length
2. Diagonal
3. Slenderness Ratio

www.SID.ir

Archive Of SID

معدنی، زمان سخت شدن نهایی (t_{max}) و دمای نهایی (T_{max}) مخلوط گچ با مادهٔ لیگنوسلولزی (باگاس و گندم) یا مخلوط گچ با مواد استخراجی حاصل از شست‌وشوی مادهٔ لیگنوسلولزی با آب گرم و سرد اندازه‌گیری شد. از تجزیه‌وتحلیل نتایج و با توجه به شکل ۱ می‌توان نتیجه گرفت که شست‌وشوی مادهٔ لیگنوسلولزی با آب گرم مواد استخراجی بیشتری را در خود حل می‌کند که این عامل سبب روند تغییرات در دما و زمان سخت شدن فرایند هیدراتاسیون در حضور مواد استخراجی خواهد شد. به‌طور کلی، در ترکیبات حاوی مواد استخراجی بیشتر، زمان هیدراتاسیون بیشتر و دمای هیدراتاسیون کمتری مشاهده شد.



شکل ۱. میزان دما و زمان آزمون هیدراتاسیون در تیمارهای مختلف

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که زمان سخت شدن نهایی گچ در حضور مادهٔ لیگنوسلولزی یا مواد استخراجی حاصل از شست‌وشوی مادهٔ لیگنوسلولزی افزایش و از طرف دیگر، دمای نهایی مخلوط کاهش یافت. علاوه‌بر این، افزایش یا کاهش دمای هیدراتاسیون با توجه به زمان‌های مختلف به نوع مادهٔ لیگنوسلولزی و مواد استخراجی وابسته است. به‌طور کلی، مادهٔ لیگنوسلولزی که دارای مقدار کمتر یا بیشتری از مواد استخراجی باشد، به‌ترتیب به مقادیر بیشتر و کمتری از دمای هیدراتاسیون منجر خواهد شد. کاهش دمای بیشینه ممکن است ناشی از کاهش یک مقدار از مادهٔ معدنی یا وجود مقدار جرم مشخصی از مواد لیگنوسلولزی باشد که به‌دلیل جذب آب، مانع تولید گرما می‌شود [۱۶]. نتایج نشان می‌دهد که با افزودن نوع مادهٔ خام لیگنوسلولزی یا مواد استخراجی محلول در آب حاصل از شست‌وشوی مواد لیگنوسلولزی دمای هیدراتاسیون کاهش و زمان سخت شدن نهایی افزایش می‌یابد. مواد استخراجی موجود در الیاف در اختلاط با مواد معدنی مانند سیمان و گچ طی فرایند هیدراتاسیون در دو روش توضیح داده شده است. در طول فرایند هیدراتاسیون گچ، سولفات کلسیم همانند هیدروکسید کلسیم در فرایند هیدراتاسیون سیمان pH خمیر را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، مواد استخراجی آزادشده از الیاف گیاهی به‌طور کلی حالت اسیدی دارند و این مواد به‌دلیل وجود مواد قندی، خاکستر و غیره گیرایی مادهٔ معدنی را به تأخیر می‌اندازند. بنابراین، برخی از

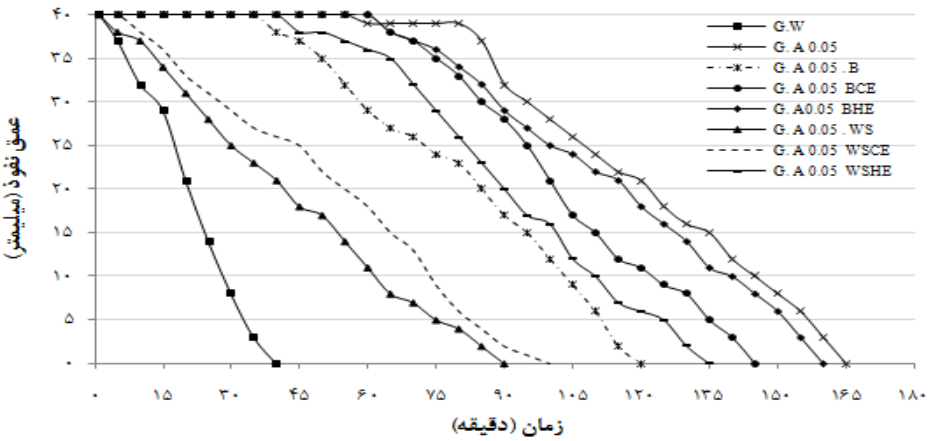
www.SID.ir

Archive Of SID

تغییرات در pH سیستم وجود خواهد داشت که ممکن است حل و ثبات ترکیبات هیدراته را تغییر دهد؛ ازاین‌رو ممکن است اثرهای منفی بر روند هیدراتاسیون داشته باشد [۱۷]. مرحلۀ دوم، آزادسازی مواد قلیایی طی فرایند هیدراتاسیون مادۀ معدنی در اختلاط با همی‌سلولز و لیگنین موجود در الیاف است. در حقیقت، تحت تأثیر $Ca(OH)_2$ همی‌سلولز به مادۀ قندی قابل حل تجزیه می‌شود. هیدرولیز قلیایی همی‌سلولز و لیگنین در نتیجۀ تشکیل نمک‌های کلسیم لیگنین، پلی‌ساکارید و کاهش برخی مواد قندی است [۱۷]. این نمک‌های محلول یا رسوبات دخالت فیزیکی یا شیمیایی با هیدراتاسیون مادۀ معدنی دارند و حتی می‌توانند ترکیب و مورفولوژی فراوردۀ هیدراته را تغییر دهند [۱۷]. علاوه‌بر این، مواد قندی چوب مواد آب‌دوست سطحی فعال‌اند. مواد قندی اضافه‌شده به آب که توسط مخلوط مادۀ معدنی سیمان یا گچ تحت تاثیر نفوذ توانایی جذب و انسجام مولکولی بالا به‌صورت یک لایۀ نازک سطحی قابل جذب روی سطح دانه‌های سیمان یا گچ شکل می گیرد به طوری که ذرات کوچک گچ به دلیل ناپیوستگی در ساختار خود از دسترس آب خارج شده و به صورت هیدراته نشده باقی بمانند.

فرایند ویکات

اثرهای نوع مادۀ لیگنوسلولزی و مواد استخراجی بر زمان سخت شدن مخلوطی از مواد لیگنوسلولزی با گچ خالص یا خمیر گچ حاوی مواد استخراجی (شکل ۲) بررسی شد.



شکل ۲. آزمون ویکات: مقایسه عمق نفوذ و تیمارهای مختلف در زمان‌های اعلام‌شده

همی‌هیدرات گچ در حلال آب یک محلول قلیایی با pH بیشتر از ۱۲ خواهد داشت. سخت شدن خمیر گچ بدون هیچ‌گونه مادۀ افزودنی در حدود ۴۰ دقیقه طول کشید. برای تأخیر در سرعت گیرایی خمیر گچ از حلال اسیدی (اسید سیتریک ۰/۰۵) استفاده شد که زمان سخت شدن به ۱۶۵ دقیقه افزایش داده شد. در بین تیمارهای مورد آزمون (c, d, e, f, g, h) در شکل ۲ کمترین زمان سخت شدن مربوط به تیمار f (گچ + اسیدسیتریک ۰/۰۵ + کاه گندم) به میزان ۹۰ دقیقه بود. دلیل آن ممکن است مقدار کم مواد استخراجی موجود در مادۀ لیگنوسلولزی (کاه گندم) و تنوع ساختارهای نامنظم فیبری باشد. به‌عبارتی، هر چه

www.SID.ir

Archive Of SID

مقدار مواد استخراجی مادهٔ لیگنوسلولزی موجود در خمیر گچ کمتر باشد، سخت شدن خمیر نیز سریع‌تر خواهد بود. از سوی دیگر، خمیر مخلوط گچ با خرده‌های باگاس به‌دلیل چگالی کم و ساختار اسفنجی باگاس، سبب افزایش جذب آب توسط دیوارهٔ سلولی شد.

افزایش جذب آب غلظت خمیر گچ را افزایش داد، به‌طوری که مانع نفوذ عمیق سوزن ویکات به درون مخلوط شد، درحالی که هیدراتاسیون گچ هنوز به‌طور کامل صورت نگرفته بود. در واقع ذرات کاه گندم و باگاس به‌عنوان پرکننده عمل می‌کند و عامل اصلی کاهش مدت زمان سخت شدن است. علاوه‌بر این، در بین تیمارهای آزمایش‌شده، بیشترین تأخیر در زمان گیرایی مربوط به تیمار e (گچ + اسید سیتریک ۰/۰۵ با مواد استخراجی باگاس با شست‌وشوی آب گرم) با مقدار ۱۶۲ دقیقه است. مقدار مواد استخراجی محلول در خمیر گچ حاصل شست‌وشوی مادهٔ اولیهٔ باگاس با آب گرم به مدت ۳۰ دقیقه می‌تواند به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار باشد. به‌طوری که استفاده از الیاف طبیعی سبب کاهش سرعت و تأخیر در گیرایی گچ و ترکیبات محلول در آب الیاف می‌شود [۱۰].

مقاومت خمشی[1] (MOR) و مدول الاستیسیته[2] (MOE)

نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ٤) بیانگر سطح معنی‌داری اثر مستقل نسبت مواد لیگنوسلولزی (نسبت ذرات باگاس: کاه گندم) و نسبت گچ: مواد لیگنوسلولزی (۱:۲/۷۵ و ۱:۳/۲۵ با دانسیتهٔ ۱/۰۵ و ۱/۲۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب) است. به‌طوری که اثر مستقل نسبت باگاس: کاه گندم و نسبت گچ: مواد لیگنوسلولزی و اثر متقابل آنها در آزمون مکانیکی مدول گسیختگی (MOR) معنادار است. درصورتی که برای مدول الاستیسیته (MOE) تنها اثر مستقل نسبت باگاس: کاه گندم معنادار است و اثر مستقل نسبت گچ: مواد لیگنوسلولزی و اثر متقابل آنها معنادار نیست.

مقادیر به‌دست‌آمده برای مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته به‌ترتیب از ۵/۰۷ تا ۱۳/۲۶ MPa و ۲٤۸۱ تا ٤۹۹۲ MPa بود (شکل‌های ۳ و ٤ به انضمام استانداردهای EN 310 و BISON برای تخته خرده‌چوب-گچ).

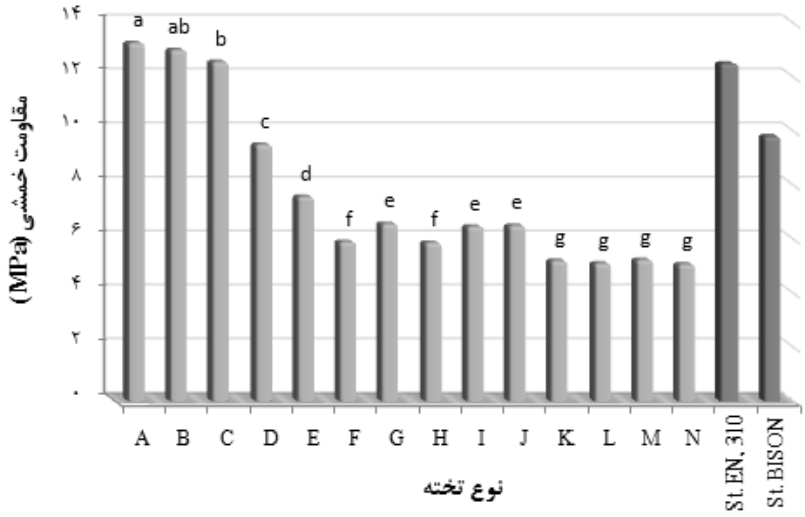
جدول ٤. نتایج تجزیهٔ واریانس متغیرها در آزمون‌های مکانیکی

آزمون‌های مکانیکی	اثر مستقل و متقابل متغیرها	میانگین مربعات	درجهٔ آزادی	F	معناداری در سطح ۰/۰۵
مدول گسیختگی (MPa)	اثر مستقل نسبت باگاس: کاه گندم	۲۰/۶	۶	۲/۹۶	۰/۰۲
	اثر مستقل LR : G (دانسیته)	۱۷۵/۳۶	۱	۳۶/۵۸	۰/۰۰
	اثر متقابل	۱۰/۷۸	۶	۸۴/۱۹	۰/۰۰
مدول الاستیسیته (MPa)	اثر مستقل نسبت باگاس: کاه گندم	۲۷۱۹۲۰۵/۳۵	۶	۲۳۶۰/۱۸	۰/۰۰
	اثر مستقل LR : G (دانسیته)	۷/۵۳	۱	۰/۰۰	۰/۹۹۷
	اثر متقابل	۰/۲۱	۶	۰/۰۰	۱/۰۰
چسبندگی داخلی (MPa)	اثر مستقل نسبت باگاس: کاه گندم	۰/۱۵	۶	۲۷۸/۰۱	۰/۰۰
	اثر مستقل LR : G (دانسیته)	۰/۰۰۶	۱	۰/۲۷	۰/۶۱
	اثر متقابل	۰/۰۰۱	۶	۷/۳۷	۰/۰۰

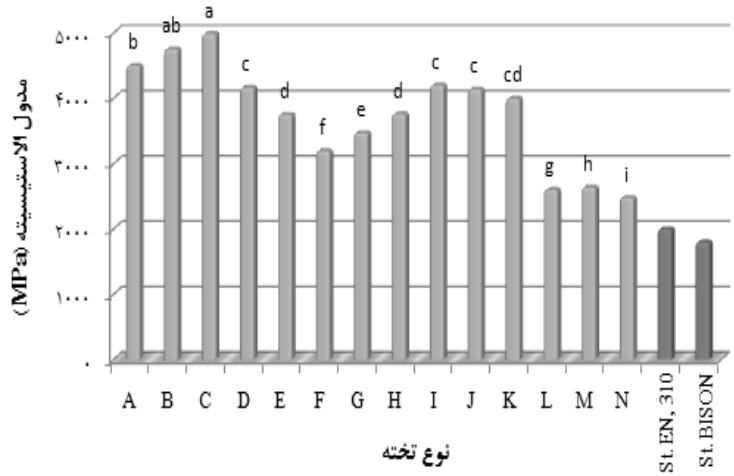
1. Modulus of Rapture
2. Modulus of Elasticity

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۳. مقایسهٔ مقادیر مقاومت خمشی تخته‌های چوب-گچ



شکل ٤. مقایسهٔ مقادیر مدول الاستیسیتهٔ تخته‌های چوب-گچ

حد MOR قابل قبول مطابق با استاندارد EN 310 برابر MPa ۱۲/۵ است. افزایش نسبت گچ به مواد لیگنوسلولزی از ۱:۲/۷۵ به ۱:۳/۲۵ سبب افزایش سطح تماس ذرات لیگنوسلولزی شد. با توجه به داده‌های حاصل می‌توان نتیجه گرفت تخته‌هایی که از مقدار بیشتری گچ در آنها استفاده شده است، در مقایسه با نمونه‌هایی که اتصال‌دهندهٔ معدنی ما کمتر در ساخت تخته‌ها استفاده شده است، MOR و MOE کمتری دارد. علاوه‌بر این، زمانی که از کاه گندم با نسبت‌های ۰، ٦/۲۵ و ۱۲/۵ درصد همراه با نسبت گچ به مواد لیگنوسلولزی ۱:۲/۷۵ در ساخت تخته‌ها استفاده شد، به‌ترتیب بیشترین مقادیر MOR به‌دست آمد. درصورتی که در مقادیر بیشتر (۲۵ تا ۱۰۰ درصد) مقدار مادهٔ اتصال‌دهنده به‌اندازهٔ کافی سطح ذرات را پوشش نمی‌دهد و سبب کاهش مقاومت اتصالات می‌شود. افزایش مقدار مادهٔ لیگنوسلولزی تا حدی می‌تواند سبب افزایش مقاومت‌های خمشی شود. این مواد به‌دلیل خاصیت الاستیکی خود می‌توانند تردی و شکنندگی کامپوزیت‌های گچی را تا حد مطلوبی کاهش دهد. ضریب لاغری الیاف باگاس و کاه گندم که در جدول ۳

www.SID.ir

Archive Of SID

نشان داده شده است به‌ترتیب ٦٨/٨ و ٨٤/٣ است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت هرچه مقدار کاه گندم نسبت به ذرات باگاس افزایش یابد، مقدار MOR افزایش یافته و همزمان کاهش تغییرات در میزان MOE نیز مشاهده خواهد شد. در نتیجه، افزایش مقدار کاه گندم از ۱۲/۵ درصد سبب کاهش مقاومت‌های خمشی خواهد شد. همیشه افزایش دانسیته موجب افزایش مقاومت‌ها نخواهد شد. در نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که افزایش مقدار گچ نسبت به مادهٔ لیگنوسلولزی (۱:۳/۲۵) و همچنین افزایش دانسیتهٔ نهایی تخته، موجب کاهش مقاومت‌های خمشی شده است. گچ ماده‌ای ترد و غیرقابل الاستیک است و با افزایش این مقدار نسبت به ذرات آلی موجب کاهش مقاومت خمشی کامپوزیت نهایی خواهد شد [۱۹]. نه‌تنها مقدار کاه، بلکه سطح اتصال‌دهندهٔ معدنی نیز اثر منفی زیادی بر MOR و MOE داشت، درحالی که کاهش مقاومت نمونه‌ها به‌دلیل کاهش نسبت سطح گچ به مواد لیگنوسلولزی از ۱:۳/۲۵ به ۱:۲/۷۵ خواهد بود. اختلاط مواد فیبری آلی مانند چوب به ماتریس گچ سبب بهبود مقاومت به شکنندگی و مقاومت خواص تخته-گچ می‌شود. در این شرایط با افزایش ذرات فیبری احتمال اعمال فشار بیشتر شده و همچنین توزیع یکنواخت‌تر فشار بین لایه‌های مختلف پانل امکان‌پذیر می‌شود. علاوه‌بر این، افزایش بیش از اندازهٔ ذرات آلی نسبت به گچ، حجم ذرات را در مقایسه با گچ مورد استفاده افزایش می‌دهد و سبب افزایش تخلخل در پانل تولیدی می‌شود و بر خواص مکانیکی به‌شدت تأثیر می‌نهد و سبب کاهش مقاومت‌ها می‌شود. با توجه به تاثیر محیط قلیایی خمیر گچی با لیگنین و همی‌سلولزهای، دیواره بینابینی حاوی مقادیر فراوان لیگنین و نیز همی سلولز موجود در سطح لایه اولیه الیاف انحلال یافته و ضعیف‌شده و باعث کاهش استحکام در ارتباط بین الیاف می‌شود [۲۰]. در نتیجه، با افزایش مقدار گچ در مخلوط، تجزیهٔ لیگنین و همی‌سلولزها افزایش می‌یابد و در نتیجه کامپوزیت شکنندگی بیشتری خواهد داشت. علاوه‌بر این، مطالعه‌ای نشان می‌دهد که می‌توان برای به‌دست آوردن ترکیبی مقاوم با خواص قابل قبول کامپوزیت چوب- معدنی با نخ پشمی و مواد چوب را به‌اندازهٔ کافی در قالب قرار داد [٦]. نسبت پایین ذرات لیگنوسلولزی به گچ موجب کاهش مقاومت تخته‌ها می‌شود. با این‌حال، اگر مقدار گچ از حد معینی بیشتر باشد، فشردگی کاهش می‌یابد و ماده‌ای شکننده ایجاد خواهد شد.

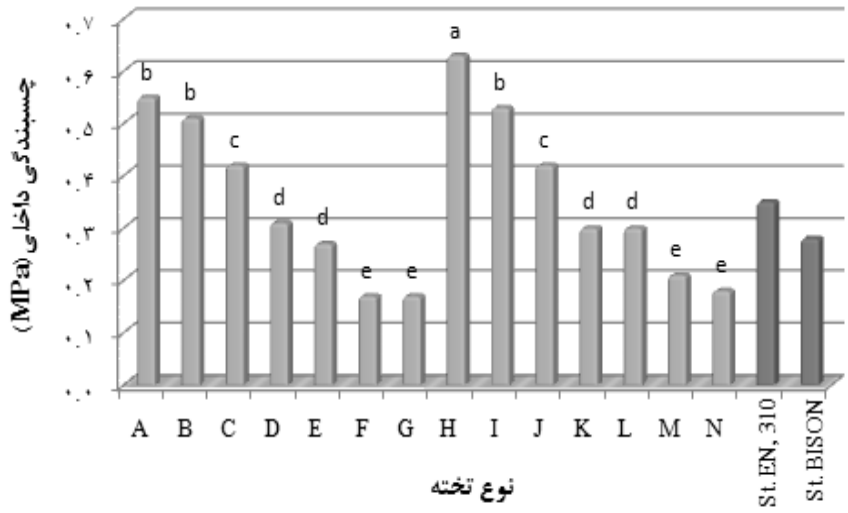
چسبندگی داخلی[1] (IB)

نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ٤) بیانگر معناداری اثر مستقل نسبت مواد لیگنوسلولزی (نسبت ذرات باگاس: کاه گندم) و اثر متقابل دو متغیر مورد استفاده است. علاوه‌بر این، نسبت گچ: مواد لیگنوسلولزی (۱:۲/۷۵ و ۱:۳/۲۵ با دانسیتهٔ ۱/۰۵ و ۱/۲۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب) با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس معنادار نیست. دامنهٔ وسیعی از داده‌های IB از ۰/۱۷ تا ۰/ ٦٣ MPa بود (شکل ٥ به انضمام استانداردهای EN 319 و BISON برای تخته خرده‌چوب-گچ). مقدار حد استاندارد برای IB تخته‌های ساخته‌شده ۰/۳۵MPa بر اساس استاندارد EN 319 (1993) است.

1. Internal Bond

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۵. مقایسهٔ مقادیر چسبندگی داخلی تخته‌های چوب-گچ

در این مطالعه مشاهده شد که IB پانل‌های تولیدشده تحت تأثیر متغیرهای مورد استفاده قرار گرفتند. کمترین مقدار IB به‌دست‌آمده در تخته با دانسیتهٔ ۱/۰۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و نسبت ۲/۷۵:۱ و حاوی ۱۰۰ درصد کاه گندم مشاهده شد. با کاهش دانسیته و افزایش مقدار ذرات لیگنوسلولزی، IB کاهش یافت. بیشترین مقدار IB به‌دست‌آمده از پانل‌های A، B، H و I است. تختهٔ نوع H بیشترین مقدار IB را داشت، درحالی که F، G، M و تختهٔ نوع N کمترین IB را داشتند. با توجه به مقادیر IB، به‌طور کلی حدود نیمی از انواع تخته‌ها مطابق با حداقل استاندارد مورد نیازند. نتایج نشان داد که تخته‌های A، B، C، و تختهٔ نوع D که با استفاده از نسبت ۲/۷۵:۱ با ۰ تا ۲۵ درصد کاه گندم و تخته‌های نوع H، I، J، K و تختهٔ نوع L ساخته شد، با استفاده از نسبت ۳/۲۵: ۱ با ۰ تا ۲۵ درصد کاه گندم با حداقل استاندارد لازم برای تخته‌های کلاس عمومی توسط EN 319 مطابقت نشان داد. تخته‌های نوع A و H نیز براساس EN 319 حداقل استاندارد لازم برای درجهٔ مبلمان را دارند و در شرایط خشک استفاده می‌شوند.

مقدار چسبندگی داخلی تخته‌ها با قدرت چسبندگی الیاف ارتباط دارد، به‌طوری که مقاومت مکانیکی بین ذرات گچ و کاه گندم به‌هم‌پیوسته به‌نسبت ضعیف است. در ظاهر، پوشش مومی کاه گندم مانع توسعهٔ پیوندهای مکانیکی قوی با مادهٔ معدنی خواهد شد. به‌نظر می‌رسد کاه گندم حاوی مقادیر بیشتری از مواد آب‌گریز (موم و غیره) نسبت به باگاس است. تخته‌های تولیدشده با استفاده از بیشترین مقدار کاه گندم کمترین چسبندگی داخلی را در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده از ذرات باگاس نشان دادند؛ علت ممکن است قدرت کم بین ذرات کاه گندم و گچ برای تمایل به حفظ ثبات پیوند و در نتیجه کاهش چسبندگی داخلی باشد. در یک مقطع، سلول‌های ظاهری پوست از لایهٔ مومی نازک پوشیده شده است [۲۱]. این لایه سبب کاهش‌ترشوندگی کاه با آب می‌شود و از نفوذ خمیر گچ به درون سلول‌های دیوارهٔ الیاف جلوگیری می‌کند و مانع اتصال مکانیکی خوب و به‌هم‌پیوسته بین ماتریس و ذرات شده و سبب از دست دادن چسبندگی می‌شود. بنابراین نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که پانل‌های حاوی

www.SID.ir

Archive Of SID

۵۰ درصد کاه گندم یا بیشتر، IB کمتری در مقایسه با پانل‌های ساخته‌شده با باگاس خالص دارند. به‌عنوان مثال با افزایش محتوای لایهٔ سطحی ذرات باگاس، سطح بیرونی مومی نسبت به سطح ذرات به‌طور کلی کاهش می‌یابد، به‌طوری که ممکن است اتصال قوی بین ذرات رخ دهد و IB بهبود یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تولید چوب-گچ با استفاده از باگاس یا مخلوطی از باگاس و کاه گندم به‌عنوان الیاف تقویت‌کننده، موجب دوام و افزایش مقاومت‌های تخته‌های تولیدی خواهد شد. کاه گندم سبب کاهش خواص مکانیکی تخته خرده‌چوب-گچ و کاهش درصد جذب آب خواهد شد. علاوه‌بر این، وجود مقادیر بیشتر گندم در طی تولید سبب افزایش واکشیدگی ضخامت می‌شود که این موضوع ممکن است به‌دلیل وجود موم و ساختار لوله‌ای کاه گندم باشد که مانع اتصال بین مادهٔ معدنی و ذرات می‌شود. از طرف دیگر، علت تغییر خواص مقاومتی تخته‌های ساخته‌شده را می‌توان افزایش یا کاهش نسبت مواد لیگنوسلولزی به گچ دانست. کاهش مواد لیگنوسلولزی نسبت به گچ، به‌دلیل افزایش تردی و شکنندگی تختهٔ تولیدی، به کاهش MOR و MOE منجر شده است. با این‌حال، چندسازه‌هایی که از مقدار کمتر گچ تولید شده‌اند، جذب آب بیشتر و نیز واکشیدگی ضخامتی بیشتری خواهند داشت. بر این اساس، به‌دلیل محدود بودن سطح پوشش توسط گچ، IB نیز کاهش پیدا خواهد کرد.

www.SID.ir

Archive Of SID

References

[1]. Ahn, W.Y., and Moslemi, A.A. (1980). SEM examination of wood-Portland cements bonds. Journal of Wood Science, 13 (2): 77-82.

[2]. Sauter, S.L. (1996). Developing composites from wheat straw. 30th International Particleboard/Composite Material Symposium. April 2-5 Washington State University, Pullman, WA, USA, pp. 197-214.

[3]. Li, X., Cai, Z., Winandy, J. E., and Basta, A.H. (2010). Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries, Bioresource Technology, 101 (12): 4662–4666.

[4]. Deng, Y., Furuno, T., and Uehara, T. (1998). Improvement on the properties of gypsum particleboard by adding cement. Journal of Wood Science, 44 (2): 98-102.

[5]. Simatupang, M.H., Kasim, A., and Seddig, N. (1988). Influence of wood extractives on the setting of gypsum. Mitteilung der Bundesforschungsanstalt fur Forst-und Holz wirtschaft, Hamburg. November, Germany, pp. 311-319.

[6]. Simatupang, M.H. (1991). Inorganic binder for wood composites: feasibility and limitations. Wood Adhesive Forest Product Society, pp. 169-176.

[7]. Qian, F., Yuhe, D., Hyunjoong, K., Wen, L., Zhiwu, S., Yonggang, J., Lin, X., and Sumin, K. (2007). Observation and analysis of gypsum particleboard using SEM. Journal of Wuhan University of Technology-Mater, 22 (1): 44-47.

[8]. Hachmi, M., and Moslemi, A.A. (1989). Correlation between wood-cement compatibility and wood extractives. Forest Product Journal, 39 (6): 55-58.

[9]. Simatupang, M.H., and Lu, X.X. (1985). Influence of wood extractives on hardening of gypsum plaster and on the manufacture of gypsum-bonded particleboards. Holz als Rohund Werkstoff, 43 (8): 325-331.

[10]. Dalmay, P., Smith, A., Chotard, T., Sahay-Turner, P., Gloaguen, V., Krausz, P. (2010). Properties of cellulosic fibre reinforced plaster: influence of hemp or flax fibres on the properties of set gypsum. Journal of Materials Science, 45: 793–803.

[11]. Franklin, G.L., (1954). Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. Nature, 155: 51–59.

[12]. EN, 310. (1993). Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Standardization Committee, Brussels.

[13]. EN, 319. (1993). Particleboards and fiberboards, determination of tensile strength. European Standardization Committee, Brussels.

[14]. Mahajan, S., and Bhatt, O.P. (2001). Physical strength properties of standard test sheets made from bagasse and bamboo. In Paper International, 5 (3): 1-5.

[15]. Atchison, J.E., and McGovern, J.N. (1993). History of paper and the importance of agricultural residues fiber. Atlanta, GA, TAPPI Press.

[16]. Zhou, Y., and Kamdem, D.P. (2002). Effect of cement/wood ratio on the properties of cement-bonded particleboard using CCA treated wood removed from service. Forest Product Journal, 52 (3): 77–81.

[17 Singh, S.M. (1979). Investigations into the causes of poor strength of Portland cement bonded lignocellulosic materials. Journal of the Indian Academy of Wood Science, 10 (1): 15-19.

www.SID.ir

Archive Of SID

[18]. Roberts, M.H. (1967). Effect of admixtures on the composition of the liquid phase and the early hydration of reactions in Portland cement paste. Proceedings of the International Symposium on Admixtures for Mortar and Concrete. Jun. 1 Brussels, Belgium, pp. 5-29.

[19]. Deng, Y., and Furuno, T. (2002). Study on gypsum-bonded particleboard reinforced with jute fibers. Holzforschung, 56 (4): 440–445.

[20]. Aggarwal, L.K., Agrawal, S.P., Thapliyal, P.C., and Karade, S.R. (2008). Cement-bonded composite boards with arhar stalks. Cement & Concrete Composites, 30 (1): 44–51.

[21]. Mantanis, G., and Berns, J. (2001). Strawboards bonded with urea-formaldehyde resins. 35th International Particleboard/Composite Material Symposium. April 2-5 Washington State University, Pullman, WA, USA, pp. 137-144.

www.SID.ir