Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۴ شماره ۳، صفحه ۴۰۸-۳۹۷، (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJWPR.2019.126987.1560
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0913.1398.34.397.68.3.1576.32

بررسی اثر نانو ژل ولاستونیت بر خواص فیزیکی، مکانیکی و مورفولوژیکی چندسازه باگاس – سیمان

علی حسن‌پور تیچی[۱*]، فرداد گلبابائی[۲]، هادی قاسمی[۳] و مجتبی رضانژاد دیوکلایی[۴]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی‌نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران
پست الکترونیک: hasanpoortichi@gmail.com

۲- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد، گروه گرافیک، دانشکده شهید هاشمی‌نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران

۴- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی‌نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

چکیده

در این پژوهش به بررسی اثر نانو ژل ولاستونیت بر خواص فیزیکی، مکانیکی و ریخت‌شناسی چندسازه ساخته‌شده از باگاس و سیمان پرداخته شده است. نسبت اختلاط باگاس به‌عنوان ماده لیگنوسلولزی با سیمان پرتلند، در سه سطح (۸۵:۱۵، ۲۵: ۷۵ و ۶۵:۳۵ درصد) و نانو ولاستونیت در سه سطح صفر، ۳ و ۷ درصد به‌عنوان عوامل متغیر این تحقیق در نظر گرفته شد. دانسیته کیک تمام تخته‌ها مقدار ۱/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و تقویت‌کننده کلرید کلسیم به مقدار ۵ درصد برای تمام تیمارها، به‌عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شدند. خواص مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها شامل مدول گسیختگی، مدول‌الاستیسیته، چسبندگی داخلی، واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و دانسیته تخته‌ها مطابق استاندارد DIN-EN-۶۳۴ و مقاومت به آتش (درصد کاهش وزن) طبق استاندارد ISO-۱۱۹۲۵ اندازه‌گیری گردیدند. در این تحقیق مقدار حرارت هیدراتاسیون مخلوط سیمان، باگاس و نانو ولاستونیت با استفاده از یک ترموکوپل و فلاکس اندازه‌گیری شد. همچنین تصاویر میکروسکوپی (SEM) برای بررسی خواص ریخت‌شناسی چندسازه و نحوه پراکنش نانو از نمونه‌ها تهیه شد. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار نانو ولاستونیت، درصد کاهش وزن تخته‌ها کمتر، حرارت هیدراتاسیون بالاتر و خواص فیزیکی و مکانیکی بهبود یافت. مدول گسیختگی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها با افزایش مقدار درصد باگاس کاهش یافت و حداکثر مقدار آن در استفاده از ۱۵ درصد تفاله نیشکر به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش میزان تفاله نیشکر در تخته‌ها، افزایش قابل‌توجهی در واکشیدگی ضخامت تخته‌ها به وجود آمد. استنتاج از عکس‌برداری میکروسکوپی (SEM) نشان داد که حد مطلوب نانو ولاستونیت می‌تواند حفره‌های خالی را پر کرده و یک ساختار یکنواخت به وجود آورد و در نتیجه خواص تخته‌ها بهبود یابد.

واژه‌های کلیدی: باگاس، چسبندگی داخلی، دانسیته، نانو ژل ولاستونیت.

مقدمه

کامپوزیت‌هایی که با اتصال‌دهنده‌های معدنی ساخته می‌شوند، کاربردهای گسترده‌ای در کف‌سازی، پوشش داخلی دیوارها، سقف و پارتیشن دارند. این کامپوزیت‌ها همانند چوب – گچ از پایداری خطی بهتری نسبت به دیگر پانل‌های مشابه بر پایه چوب یا دیگر مواد لیگنوسلولزی

www.SID.ir

Archive of SID

برخوردار بوده و هنگامی‌که در معرض آتش قرار می‌گیرند مقاومت بالاتری نسبت به سایر فراورده‌های چوبی مانند تخته خرده چوب و MDF داشته و رنگ‌پذیری بالاتری از خود نشان می‌دهند(Nazerian *et al.*, 2016 a). ضایعات کشاورزی، ساختمان‌ها و صنایع مبلمان بخش عظیمی از پسماندهای لیگنوسلولزی را تولید می‌کنند و این موضوع سبب نگرانی‌های زیست‌محیطی شده است. استفاده از این پسماندها در ساخت فراورده‌های چوبی مانند کامپوزیت‌های تخته خرده چوب- سیمان می‌تواند از میزان این مشکل بکاهد. یکی از این پسماندهای کشاورزی تفاله نیشکر می‌باشد (باگاس پس‌مانده فیبری و باقیمانده حاصل از فشردن گیاه نیشکر و فرایند تولید شکر است). بخشی از باگاس برای تولید گرما و استفاده در فرایند تولید شکر سوزانده می‌شود، بخشی به زمین کشاورزی به‌عنوان کود بازگردانده می‌شود و بخش دیگر برای تولید انواع مختلف فراورده مرکب چوبی به‌کار می‌رود (Karade, 2010).

Nazerian و همکاران (۲۰۱۶ b) در پژوهشی تحت عنوان تأثیر تیمار آبشویی ذرات باگاس و میزان ماده افزودنی MgCl2 بر خواص تخته خرده چوب سیمان، نتیجه گرفتند که تیمار شستشوی باگاس با آب گرم همراه با ۴/۵ درصد ماده افزودنی MgCl2 سبب افزایش مقاومت مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها شده است.

Rangavar و همکاران (۲۰۱۶ a) به بررسی اثر نانو ولاستونیت بر خواص فیزیکی و مکانیکی چوب پلاستیک ساخته شده با ساقه آفتابگردان و چوب توسکا پرداختند. مقادیر مورد استفاده نانو ولاستونیت در این تحقیق ۰، ۳ و ۵ درصد بود که استفاده از ۵ درصد نانو ولاستونیت در اختلاط، سبب افزایش مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و پیچ‌خوری شد. همچنین تخته‌هایی که با ۵ درصد نانو ولاستونیت ساخته شدند، جذب آب و واکشیدگی ضخامت کمتری داشتند.

Tzakorrezaie و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی تأثیر نانو ولاستونیت بر خواص خمشی و مقاومت به آتش در چندسازه آرد چوب و پلی‌پروپیلن پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که با افزایش نانو ولاستونیت از ۰ درصد تا ۵ درصد مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و مدت زمان شعله‌وری افزایش، ولی کاهش جرم، مدت زمان دوام شعله و مدت زمان گدازش کاهش می‌یابد.

Golbabaei و همکاران (۲۰۱۷) امکان استفاده از روزنامه باطله را در تولید آجر الیاف سیمان سبک مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش کلرید کلسیم از ۳ درصد به ۵ درصد، تمام خواص تخته‌ها بهبود یافته است. با افزایش میزان روزنامه باطله در اختلاط، جذب آب و واکشیدگی ضخامت افزایش یافت.

Hassanpoortichi و همکاران (۲۰۱۹) اثر نانو ولاستونیت بر روی چندسازه چوب سیمان ساخته شده از الیاف خمیر کرافت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش نانو ولاستونیت، مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، مقاومت به آتش تخته‌ها افزایش و جذب آب آنها کاهش یافته است.

Esmailpour و همکاران (۲۰۱۷) خواص کندسوزکنندگی نانو ولاستونیت در تخته خرده چوب را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق از مقادیر ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۰٪ نانو ولاستونیت استفاده شده بود. در نتایج آنان بیشترین بازدارندگی آتش با افزایش مقدار نانو ولاستونیت تا سطح ۱۵ درصد مشاهده شد. آنان همچنین مقدار ۱۰ درصد نانو را به‌عنوان یک سطح مطلوب نانو ولاستونیت پیشنهاد دادند.

Hassanpoortichi و Bazyar (۲۰۱۷) به بررسی اثر نانو ژل ولاستونیت بر روی خواص کاربردی چوب سیمان ساخته شده از الیاف کاه برنج پرداختند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش نانو ولاستونیت خواص مکانیکی، ثبات ابعادی و مقاومت به قارچ بهبود یافته است.

هدف از این تحقیق این است که آیا نانو ولاستونیت سبب بهبود خواص کاربردی چندسازه باگاس- سیمان می‌شود؟ در صورت جواب مثبت، هدف تعیین مقدار بهینه نانو ولاستونیت در ساخت این پانل‌هاست.

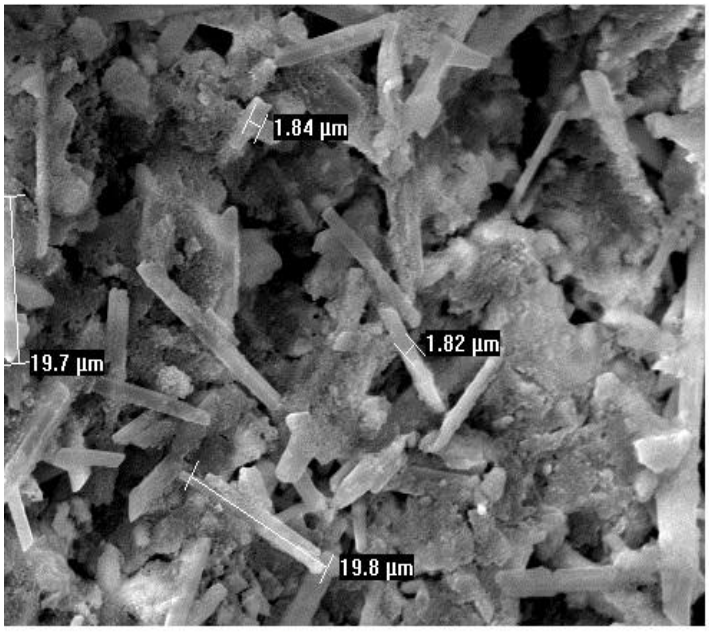
www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، سیمان پرتلند نوع ۲ محصول شرکت سیمان آبیک بود که آزمون‌های لازم برای شناخت ویژگی‌های آن بر اساس استاندارد ۳۹۸ ایران انجام و مورد تأیید قرار گرفت. همچنین تفاله نیشکر از کارگاه تولیدی شکر واقع در استان مازندران، شهر بهنمیر جمع‌آوری شد و پس از شستشو با آب گرم، در هوا خشک گردید (شکل ۱). مواد افزودنی شامل نانو ژل ولاستونیت و کلرید کلسیم بودند که به‌ترتیب از شرکت تولید فراورده‌های صنعتی و معدنی ورد (VARD) و MERCK آلمان تهیه شد.

شکل ۱- تفاله نی شکر(باگاس)



شکل ۲- تصویر میکروسکوپی از نانو ولاستونیت

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده نانو ژل ولاستونیت
(Taghiyari *et al.*, 2013)

نسبت اختلاط (٪)	ترکیبات نانو ژل ولاستونیت
۴۶/۹۶	SiO_2
۳۹/۷	CaO
۹/۸	PH
۲/۷۹	Fe_2O_3
۳/۹۵	Al_2O_3
۰/۲۲	TiO_2
۰/۰۴	K_2O
۱/۳۹	MgO
۰/۱۶	Na_2O
۰/۰۵	SO_3

فرمول‌بندی نانو ژل ولاستونیت به‌کاررفته در این تحقیق در جدول ۱ و تصویر میکروسکوپی آن در شکل ۲ نشان داده شده است. عوامل متغیر در این بررسی شامل نسبت تفاله نیشکر به سیمان در سه سطح (۸۵:۱۵، ۲۵: ۷۵ و ۶۵:۳۵ درصد) و مقدار نانو ژل ولاستونیت در سه سطح (۰، ۳ و ۷ درصد وزن سیمان) بود.

با توجه به اینکه دانسیته کیک کلیه تخته‌ها ۱/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و ابعاد آنها ۱۲×۲۷۰×۳۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عوامل ثابت بود؛ بنابراین برای ساخت تخته‌ها، ابتدا با استفاده از فرمول دانسیته، مقدار جرم مواد اولیه در هر تیمار محاسبه شد. سپس نسبت‌های وزنی هر تخته مشخص گردید. در مرحله بعد با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی، نسبت آب، نانو ولاستونیت و کلرید کلسیم مشخص شد و

www.SID.ir

Archive of SID

پس از ترکیب کردن آنها در دستگاه مخلوطکن، این مواد به تفاله نیشکر و سیمان که از قبل نسبت وزنی آنها مشخص شده بود، افزوده شد. در ادامه، کیک حاصل از دستگاه میکسچر به‌طور یکنواخت داخل قالبی فلزی با ابعاد ۴×۲۷×۳۵ سانتیمتر ریخته شد و در زیر پرس (Burkle- LA۱۶۰) در شرایط سرد به مدت ۱۰ دقیقه با فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تا رسیدن به ضخامت نهایی ۱۲ میلی‌متر تحت قید فشرده گردید. پس از پرس، تخته‌ها به مدت ۲۴ ساعت تحت قید قرار گرفتند. بعد از گیرایی اولیه، به‌منظور گیرایی نهایی و به حداقل رساندن سرعت خشک شدن، تخته‌ها در اتاقک مخصوصی با دمای حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد به مدت ۲۰ روز نگه‌داری شدند. پس‌ازاین مدت تخته‌ها با استفاده از اره گرد کناره‌بری شدند و به‌مدت ۲۸ روز در اتاق کلیماتیزه با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد قرار گرفتند (شکل ۳).

شکل ۳- تخته‌های ساخته شده از باگاس و سیمان

سپس، نمونه‌های آزمونی بر اساس استاندارد Part۱,۲، DIN EN – ۶۳۴ تهیه و خواص فیزیکی و مکانیکی آنها شامل مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، چسبندگی داخلی، واکشیدگی ضخامت، دانسیته و مقاومت به آتش اندازه‌گیری شد.

تخته استفاده شده برای آزمون مقاومت به آتش مطابق با استاندارد ISO-۱۱۹۲۵ به ابعاد ۱۲×۱۰۰×۱۵۰ میلی‌متر تهیه شد. قبل از اینکه تخته در معرض شعله آتش قرار گیرد ابتدا آن را با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی وزن کرده و بعد به مدت دو دقیقه در معرض شعله آتش قرار گرفت و بعد با استفاده از یک برس سیمی خاکستر سطحی حاصل از شعله آتش پاک شد. دوباره تخته وزن شد و درصد کاهش وزن نمونه نسبت به وزن اولیه به‌عنوان میزان مقاومت به آتش در نظر گرفته شد.

آزمایش مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی با استفاده از دستگاه UNIVERSAL آزمایشگاه کارخانه آمل روکش واقع در شهرستان آمل با سرعت بارگذاری ۱۰ میلی متر در دقیقه انجام شد.

برای اندازه‌گیری حرارت هیدراتاسیون مخلوط باگاس – سیمان در این تحقیق و همچنین بررسی اثر مقادیر مختلف نانو ولاستونیت و درصدهای مختلف باگاس بر حرارت هیدراتاسیون سیمان و تعیین حداکثر درجه حرارت هیدراتاسیون و زمان آن از یک فلاسک عایق استفاده شد. ابتدا درصدهای مختلفی از سیمان، باگاس و نانو ولاستونیت با آب مخلوط شدند و بعد دوغاب حاصل را در داخل ظرف پلی‌اتیلنی و بعد داخل فلاسک عایق قرار داده شد و تغییرات درجه حرارت آن با استفاده از ترموکوپل در فواصل زمانی دو ساعت به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری و ثبت شد. این روش برای کلیه تیمارها مورد استفاده قرار گرفت و اثر هر یک بر حرارت هیدراتاسیون بررسی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای بررسی و مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی از نرم‌افزار SPSS در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد استفاده شد، همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) انجام شد.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

برای بررسی ریخت‌شناسی چندسازه، از عکس‌برداری میکروسکوپی (SEM) استفاده شد. ابتدا نمونه‌ها به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر برش داه شدند و در مرحله بعدی روی نمونه‌ها با گردی از طلا پوشانده شد و تصویربرداری از آنها به کمک میکروسکوپ الکترونی انجام شد. در این تحقیق از دستگاه SEM دانشگاه امیرکبیر برای بررسی ریزساختاری چندسازه باگاس- سیمان استفاده شده است.

نتایج

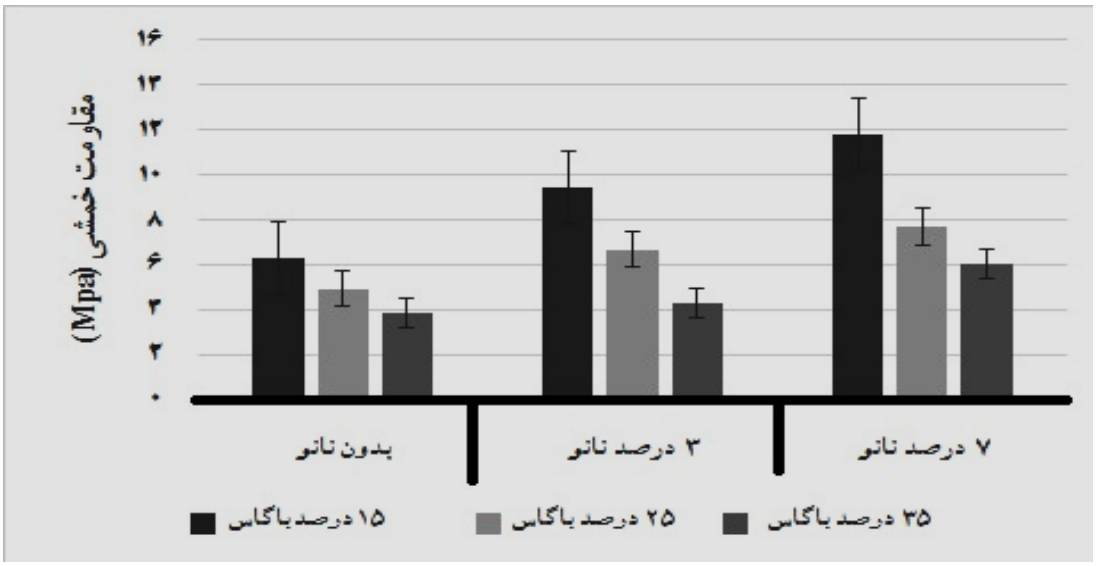
خواص مکانیکی

با توجه به جدول ۲ اثر عوامل مستقل و متقابل بر روی مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی نمونه‌ها در سطح اعتماد ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است. همان طور که در شکل ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار مقاومت مکانیکی مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۷٪ نانو ولاستونیت و ۱۵ درصد باگاس با ۸۵٪ سیمان است که مقدار آن به‌ترتیب برای مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی برابر ۱۱/۸، ۵۸۷۵ و ۳/۴ مگاپاسگال می‌باشد. کمترین مقدار مقاومت مکانیکی در تخته‌های ساخته شده با ۰٪ نانو ولاستونیت و ۳۵٪ باگاس با ۶۵٪ سیمان مشاهده شد.

جدول ۲- مقادیر محاسبه شده F برای اثر مستقل و متقابل متغیرها بر خصوصیات مکانیکی تخته

منبع تغییرات	درجه آزادی	مقاومت خمشی (Mpa)	مدول‌الاستیسیته (Mpa)	چسبندگی داخلی (MPa)
نسبت باگاس به سیمان	۲	**۱۴۵۸/۲۵	**۸۵۷/۵۸	۳۵۸/۷۸**
مقدار نانو ولاستونیت	۲	**۶۲۴/۴۶	*۲۳۶۵/۸۴	**۸۷/۹۳
نسبت باگاس به سیمان × مقدار نانو ولاستونیت	۴	۶۴/۸۲ **	**۱۴۸/۵۸	*۲۹/۸۷

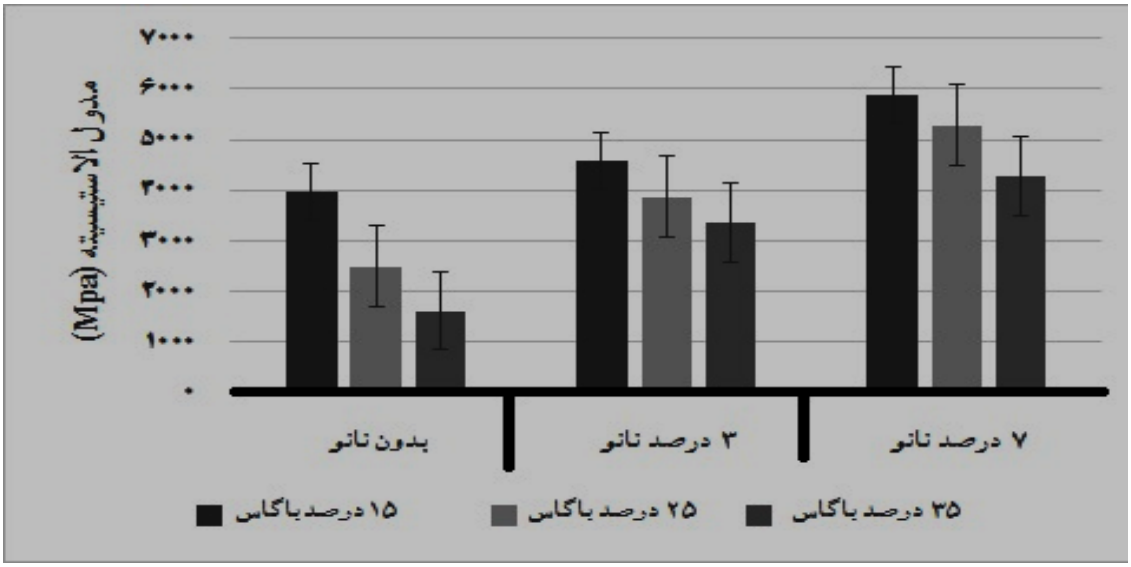
**: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد



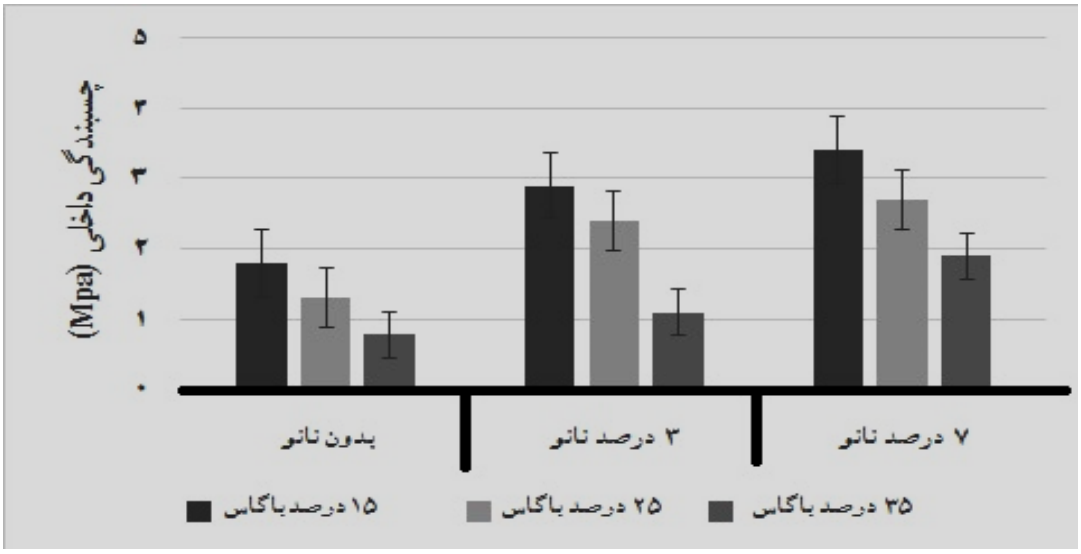
شکل ۴- تأثیر متقابل نسبت اختلاط باگاس، سیمان و نانو ولاستونیت بر روی مقاومت خمشی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تأثیر متقابل نسبت اختلاط باگاس، سیمان و نانو ولاستونیت بر روی مدول‌الاستیسیته



شکل ۶- تأثیر متقابل نسبت اختلاط باگاس، سیمان و نانو ولاستونیت بر روی چسبندگی داخلی

خواص فیزیکی

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل مستقل و متقابل بر روی واکشیدگی ضخامت، دانسیته تخته‌ها و درصد کاهش وزن معنی‌دار (۱ و ۵٪) و عدم معنی‌دار اســـت (جدول ۳). کمترین مقدار واکشـیدگی ضخامت در هر دو حالت ۲ و ۲۴ ساعت در تخته‌های با اختلاط ۱۵ درصد باگاس، ۸۵ درصد سیمان با ۷ درصد نانو ولاستونیت مشاهده شده است (شکل ۷). در مورد دانسیته تخته‌ها با افزایش نانو ولاستونیت از ۰٪ به ۷٪ افزایش یافته اســـت. تخته‌های دارای ۷ درصـــد نانو ولاستونیت و ۱۵ درصد باگاس بیشترین دانسیته را به مقدار $۱/۴gr/cm^3$ داشته‌اند (شکل ۸).

همان‌گونه که در شکل ۹ مشاهده می‌شود با افزایش میزان نانو در تخته‌ها، مقاومت به آتش تخته‌ها افزایش یافته است، به‌طوری‌که کمترین درصد کاهش وزن در تخته‌های حاوی ۷ درصد نانو ولاستونیت و ۱۵ درصد باگاس با مقدار ۰/۳۹ درصد مشاهده شد. تخته‌های فاقد نانو ولاستونیت با مقدار باگاس ۳۵ درصد کمترین مقاومت به آتش را از خود نشان داده‌اند (شکل ۹).

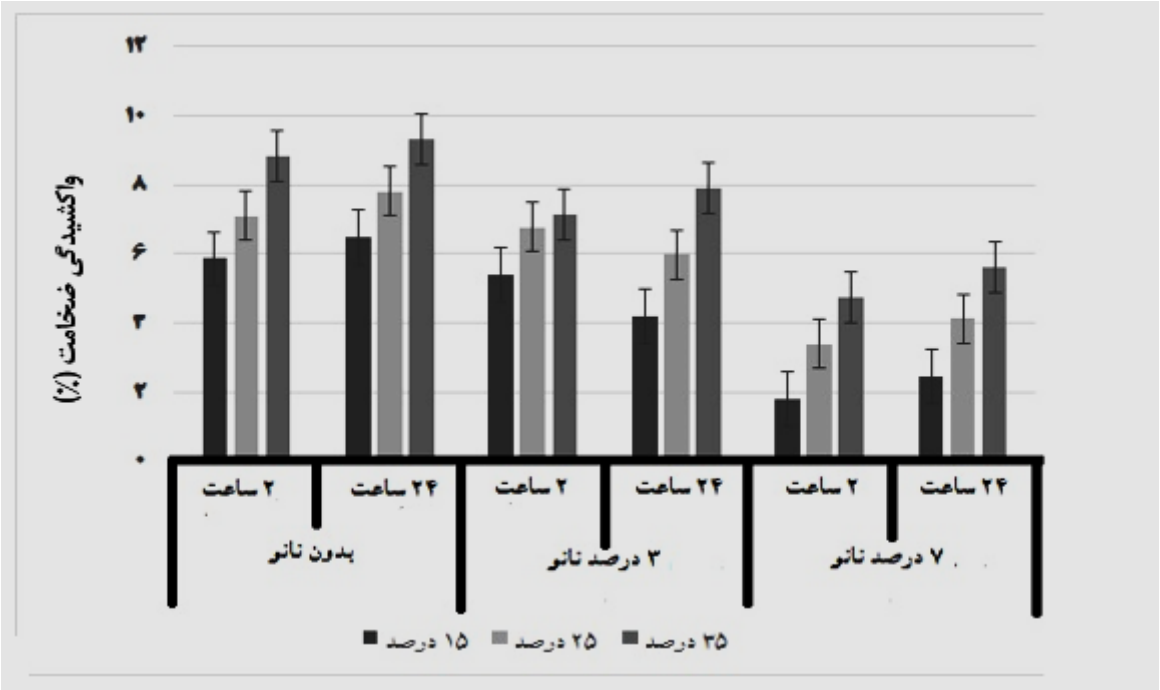
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقادیر محاسبه شده F برای اثر مستقل و متقابل متغیرها بر خصوصیات فیزیکی تخته

منبع تغییرات	درجه آزادی	واکشیدگی ضخامت (%)		دانسیته	کاهش وزن (%)
		۲ ساعت	۲۴ ساعت	gr/cm³	
نسبت باگاس به سیمان	۲	**۷۴۲/۳۴	**۹۸۴/۲۳	**۱۲۸/۴۵	**۶۴/۴۷
مقدار نانو ولاستونیت	۲	**۸۹۸/۲۷	**۴۲۹/۴۹	*۶۸/۳۸	*۱۳۸/۴۲
نسبت باگاس به سیمان × مقدار نانو ولاستونیت	۴	**۳۶۷/۸۹	**۲۹۸/۹۷	ns۳۶/۸۴	*۱۸/۹۸

**: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری



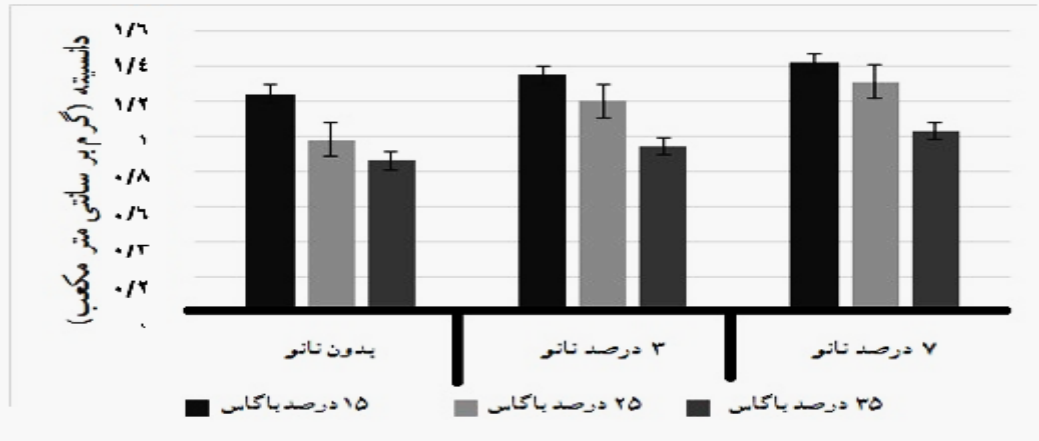
شکل ۷- تأثیر متقابل نسبت اختلاط باگاس، سیمان و نانو ولاستونیت بر روی واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت

اندازه‌گیری حرارت هیدراتاسیون مخلوط باگاس - سیمان

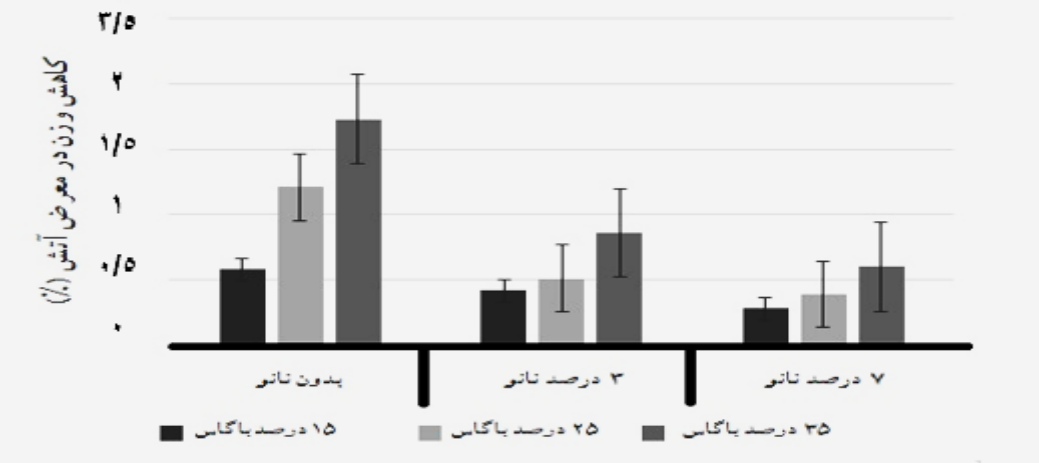
نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری حرارت هیدراتاسیون تولید شده در تیمارهای مختلف نشان داد که با افزایش نانو ولاستونیت حرارت تولید شده از فرایند هیدراتاسیون سیمان افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین حرارت تولید شده از فرایند هیدراتاسیون سیمان مربوط به تیمار ۷ درصد نانو ولاستونیت با ۱۵ درصد باگاس بود. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مواد لیگنوسلولزی درجه حرارت هیدراتاسیون کاهش می‌یابد. کمترین حرارت تولید شده از فرایند هیدراتاسیون مربوط به تیمار بدون نانو و ۳۵ درصد تفاله نیشکر بود (شکل ۱۰).

www.SID.ir

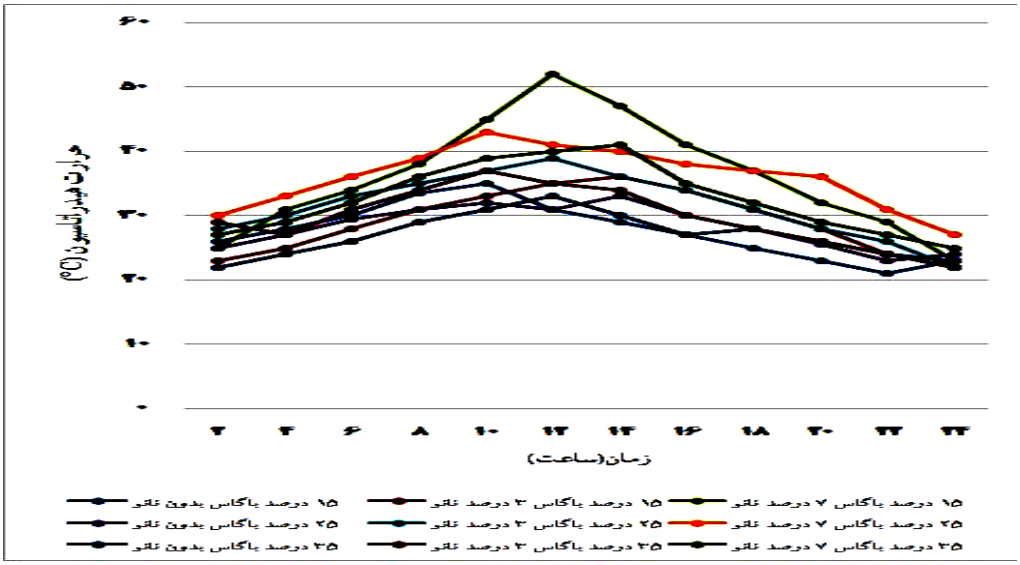
Archive of SID



شکل ۸- تأثیر متقابل نسبت اختلاط باگاس، سیمان و نانو ولاستونیت بر روی دانسیته



شکل ۹- تأثیر متقابل نسبت اختلاط باگاس، سیمان و نانو ولاستونیت بر روی مقاومت به آتش



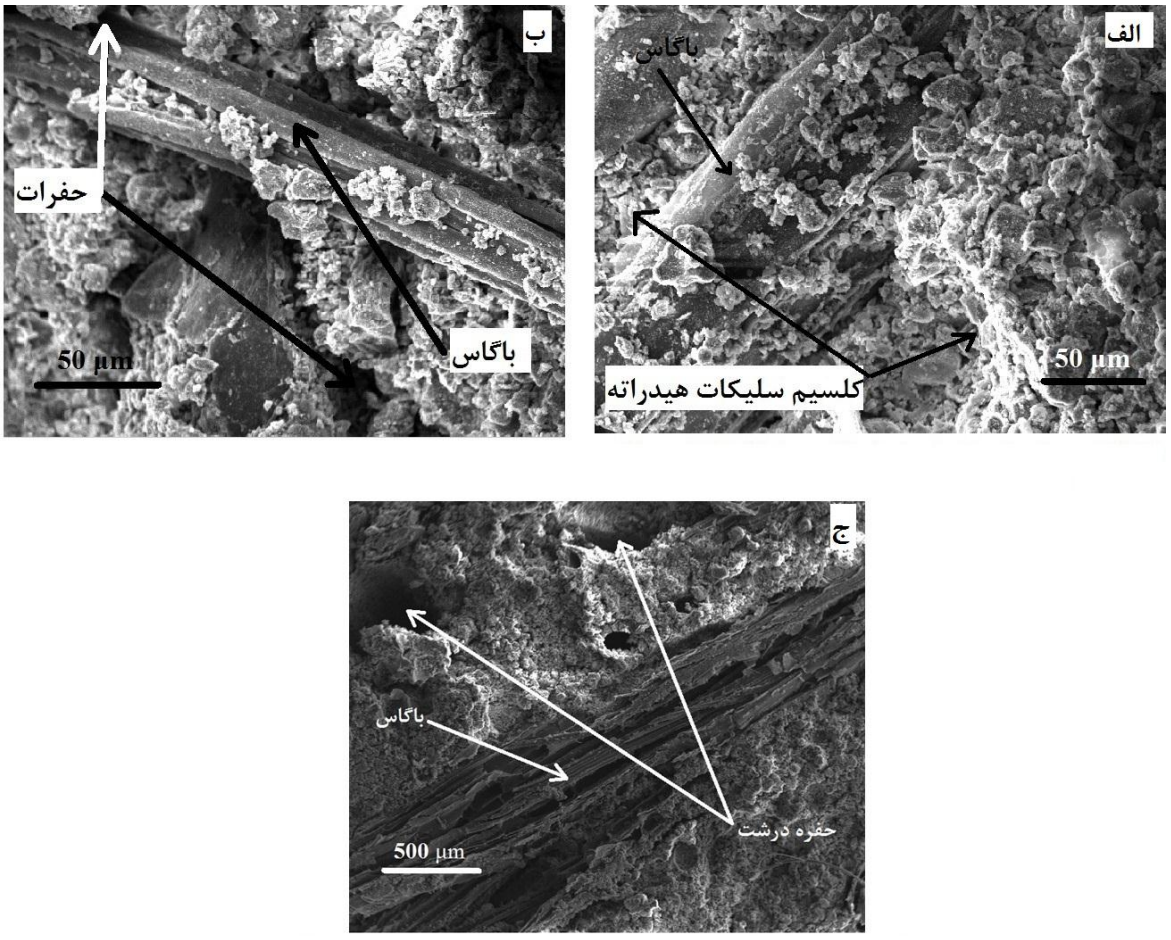
شکل ۱۰- میزان دمای هیدراتاسیون سیمان در تیمارهای مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی ریزساختاری

برای بررسی مرفولوژی سطح شکست تخته‌ها از عکس‌برداری میکروسکوپی (SEM) استفاده شده است. در شکل ۱۱ مقادیر مختلفی از نانو ولاستونیت را مشاهده می‌کنید. افزایش نانو ولاستونیت از صفر به ۷ درصد سبب بهبود چسبندگی بین باگاس و سیمان می‌گردد که می‌تواند منجر به مقاومت مکانیکی و فیزیکی بالاتر تخته‌ها شود. همچنین درصدهای بالاتر نانو ولاستونیت در تخته‌ها و واکنش این ماده با کلرید کلسیم و هیدروکسید کلسیم، سبب تولید زیاد ژل متراکم کلسیم سیلیکات هیدراته می‌شود (شکل ۱۱- الف).



شکل ۱۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی چند سازه باگاس- سیمان با حضور۷ درصد نانو (الف) ۳ درصد نانو (ب) فاقد نانو (ج)

این ژل از نفوذ یون کلر، سولفات‌ها و مواد شیمیایی مخرب به داخل تخته‌ها جلوگیری کرده و باعث آب‌بندی، محافظت، کاهش نفوذپذیری، دوام و خودترمیمی بین سیمان و باگاس می‌گردد. همچنین این تصاویر نشان می‌دهد که نانو ولاستونیت سبب اتصال محکم‌تر، شبکه قوی‌تر و کارآمد بین باگاس و سیمان شد، در نتیجه تخلخل و فضای خالی بین باگاس و سیمان را پر کرده است و متعاقب آن سبب افزایش ثبات ابعادی و دانسیته تخته‌ها گردیده است. ولی همان‌طور که در شکل (۱۱-ج) مشاهده می‌شود اتصال خوبی بین تفاله نیشکر با سیمان وجود ندارد و عدم حضور نانو باعث ایجاد حفره‌های درشت شده است.

بحث

با توجه به نتایج بالا، مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها از قبیل مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی با افزایش نانو ولاستونیت افزایش یافتند. وجود مواد استخراجی

www.SID.ir

Archive of SID

فراوان در مواد لیگنوسلولزی و پسماندهای کشاورزی به‌ویژه مواد فنلی و قندی سبب کاهش حرارت هیدراتاسیون سیمان، کندی واکنش هیدراتاسیون و افزایش زمان گیرایی باگاس با سیمان می‌شود(Rangavar *et al.*, 2016 b). دلایل متعددی می‌توان در مورد افزایش مقاومت‌ها با افزایش نانو ولاستونیت در اختلاط بیان کرد. به‌طوری‌که با اندازه‌گیری حرارت هیدراتاسیون دوغاب سیمان – باگاس و مقادیر مختلف نانو ولاستونیت به این نتیجه رسیدیم که با افزایش نانو، حرارت هیدراتاسیون افزایش یافته است که همین موضوع سبب گیرایی سریع‌تر و بهتر باگاس با سیمان شده، در نتیجه مقاومت‌های تخته افزایش یافته است. سیلیس موجود در نانو ولاستونیت سبب تشکیل ژل کلسیم سیلیکات هیدراته شده و این ژل از نفوذ یون کلر، سولفات‌ها و مواد شیمیایی مخرب به داخل تخته‌ها جلوگیری کرده و باعث افزایش دوام، افزایش حرارت هیدراتاسیون، سرعت گیرایی سیمان و مقاومت مکانیکی می‌گردد (Li *et al.*, 2004) . این نتایج با بررسی های انجام شده توسط Hassanpoor Tichi و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

بیشترین واکشیدگی ضخامت مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۳۵ درصد باگاس و فاقد نانو ولاستونیت بود. یکی از دلایل آن را می‌توان به ویژگی‌های بیومتری، ضریب لاغری، ساختار اسفنجی و ویژگی‌های آبدوستی باگاس نسبت داد. همچنین مشاهده شد که با افزایش نانو ثبات ابعادی تخته‌ها بهبود یافته است. دلیل این امر را می‌توان به آب‌گریز بودن نانو ولاستونیت نسبت داد (ciullo,1997). نانو ولاستونیت به دلیل سطح ویژه بالا و اندازه کوچکی که دارد سبب پر کردن خلل و فرج احتمالی درون تخته شده و راه ورود آب به داخل تخته را مسدود کرده، در نتیجه واکشیدگی ضخامت تخته را کاهش داده و دانسیته تخته را افزایش داده است. همچنین با افزایش تفاله نیشکر در تخته‌ها، دانسیته آنها کاهش یافته است که این موضوع مربوط به برگشت ضخامت تخته‌های ساخته شده از نسبت‌های بالاتر این ماده لیگنوسلولزی می‌باشد. نتایج حاصل از عکس‌برداری میکروسکوپی دلیل محکمی بر این ادعا می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج Rangavar و همکاران (۲۰۱۶ b) و Khosrviyan (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

در بررسی اثر نانو ولاستونیت بر روی مقاومت به آتش، با توجه به نتایج می‌توان گفت، استفاده از نانو ولاستونیت تأثیر مثبتی بر روی مقاومت به آتش داشته و سبب کاهش درصد وزن تخته‌ها گردیده است. دلایلی که می‌توان در مورد این موضوع بیان کرد این است که نخست نانو ولاستونیت انتقال حرارتی بالایی دارد و حرارت آن در یک نقطه‌ای نگه‌داشته نمی‌شود و با سرعت به نقطه که دارای حرارت کمتری است انتقال می‌یابد و همین موضوع سبب می‌شود که قابلیت آتش‌گیری تخته‌ها کاهش و مقاومت به آتش آنها افزایش یابد (Taghiyari *et al.* 2014)، درثانی نانو ولاستونیت به دلیل وجود ترکیباتی از قبیل سیلیس، تیتانیوم، منیزیم، کلسیم و آهن که عناصر معدنی می‌باشند، ذاتاً کندسوز می‌باشد و این موضوع سبب شده است، تخته‌هایی که با مقادیر بالاتری از نانو ولاستونیت ساخته‌شده‌اند، مقاومت به آتش بالاتری نسبت به تخته‌های فاقد نانو داشته باشند. نتایج بالا با نتایج Tzakorrezaie و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد.

سپاسگزاری

انجام این طرح از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه فنی و حرفه‌ای تأمین گردیده است. نویسندگان از جناب آقای علی عباسی در تهیه باگاس و ساخت تخته‌های آزمونی، دکتر نجفیان، مهندس شیخ کاظمی و مهندس نیکو که در انجام کارهای آزمایشگاهی کمک شایانی نمودند، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

-Ciullo, P.A., 1997. Industrial minerals and their uses. Noyes, United States of America, 640p.
-DIN EN standard, NO. 634, 1995. Cement-bonded Particleboards. Specifications- general requirements; German version.
-Esmailpour, A., Taghiyari, H.R., Nouri, P. and Jahangiri, A., 2017. Fire-retarding properties of

www.SID.ir

Archive of SID

manufactured from kenaf and bagasse fibers. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 23 (2): 203-228.

-Nazerian, A., Hosseni Eghbal, S., Kermaniyan, H. and Mohebbi Gargari, R., 2016 b. The effect of water-leaching treatment of bagasse particles and additive content on the properties of cement-bonded particleboard. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 23 (4): 315-334.

-Rangavar, H., Nourbakhsh, A. and Haji Hatamlo, S., 2016 a. The effect of nano-wollastonite on physical and mechanical properties of wood plastic composites made with sunflower stem waste and alder wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31(4):684-694. (In Persian)

- Rangavar, H., Kargarfard, A. and Hoseiny Fard, M.S., 2016 b. Investigation on Effect of cement types on the cement hydration and properties of wood-cement composites manufactured using sunflower stalk (Helianthus Annuus). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31 (2), 336 – 348. (In Persian)

-Taghiyari, H.R., Mobini, K., Sarvari Samadi, Y., Doosti, Z., Karimi, F., Asghari, M., Jahangiri, A. and Nouri, P., 2013. Effects of nano-wollastonite on thermal conductivity coefficient of medium-density fiberboard. Journal of Nanomaterials & Molecular Nanotechnology. 2(1): 1-5.

-Taghiyari, H.R., Ghorbanali, M. and Tahir, P.M.D., 2014. Effects of the improvement in thermal conductivity coefficient by nano-wollastonite on physical and mechanical properties in medium-density fiberboard (MDF), BioResources 9(3), 4138-4149.

-Tzakorrezaie, V., Najafi, A. and Sinaie, A., 2016. The effect of nano-wollastonite on bending properties and fire resistance of wood flour/polypropylene composite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31(3):425-434.

nanowollastonite in particleboard. Fire and Materials, 42:306–315.

-Golbabaei, F., Nourbakhsh, A., Kargarfard, A. and Hajihassani, R., 2017. Investigation on the properties of cement-fiber board produced using waste newsprint. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 32(3): 450-461.

- Hassanpoortichi, A. and Bazyar, B., 2017. Investigation on effect of nano gel wollastonite on applied properties wood-cement composites manufactured from rice straw fibers. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 33(3): 353–365. (In Persian).

-Hassanpoortichi, A., Bazyar, B., Khademieslam, H., Rangavar, H. and Talaeipour, M., 2015. Effect of nano-wollastonite on microscopic, mechanical and physical properties of cement-wood fibers composite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 3(4): 567–577. (In Persian).

-Hassanpoortichi, A., Bazyar, B., Khademieslam, H., Rangavar, H. and Talaeipour, M., 2019. Is Wollastonite Capable of Improving the Properties of Wood Fiber-cement Composite? BioResources Journal, 14(3): 6168-6178.

-Khosrviyan, B., 2009. The study of mechanical, physical, thermal and morphological properties of hybrid multi- structures and nano hybrid polypropylene wood flour/ wollastonite multi-structures. M.S. thesis, Department of Natural Resource, The University of Tehran, karaj, 103p.

-Karade, S.R., 2010. Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. Construction and building materials, 24(8): 1323-1330.

-Li, H., Xiao, H. and Ou, J., 2004. A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with nanophase materials. Cement and Concrete Research, 34(3): 435-438.

-Nazerian, M., Kamyab, M. and Kermaniyan, H., 2016 a. Application effect of mineral fibers on hydration and properties of gypsum-bonded fiberboard

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of wollastonite nano gel on physical, mechanical and morphological properties of bagasse-cement composites

A. Hassanpoor Tichi [1*], F. Golbabaei[2], H. Ghasemi[3] and M. Rezanezhad Divkolae[4]

1*-Corresponding Author, Assistant Prof., Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran, Email: hasanpoortichi@gmail.com
2-M.Sc., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3-M.Sc., Dep. of Faculty member of Graphic Design, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran
4-B.Sc, Student, Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran

Received: Jan., 2019 Accepted: April, 2019

Abstract

In this study, the effect of wollasttonite nano gel on physical, mechanical and morphological properties of composites made of bagasse and cement is investigated. The mixing ratio of bagasse as lignocellulosic material with Portland cement at three levels (15:85, 25: 75 and 35: 65%) and wollastonite nano gel at three levels of 0, 3 and 7% were considered as the variables. The cake density of all boards were 1.1 g/cm^3 and calcium chloride at 5% (based on weight of the cement) for all treatments were considered as constant factors. Mechanical and physical properties of the specimens including modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bonding, thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water and density of boards according to DIN-EN-634 and fire resistance (weight loss percentage) according to standard ISO-11925 were measured. In this study, the hydration temperature of a mixture of cement, bagasse and nano-wollastonite was measured using a thermocouple and flux. Microscopic images (SEM) of samples were prepared to investigate the morphological properties of composites and the distribution. The results showed that by increasing the amount of nano-wollastonite, the percentage weight loss of boards decreased, the heat of hydration and the physical and mechanical properties improved. The modulus of rupture, modulus of elasticity, and internal bonding of boards decreased with increasing bagasse content and the maximum value was obtained using 15% bagasse. The results also showed that with increasing bagasse content in boards, there was a significant increase in thickness swelling of boards. Microscopic imaging (SEM) showed that the optimum level of nano-wollastonite can fill the porosity of the boards and create a uniform structure and thus improve the properties of the boards.

Keywords: Bagasse, internal bonding, density, nano-gel wollastonite.

www.SID.ir