

اثر تیمار شیمیایی و نانوسیلیس بر خواص مهندسی چند سازه چوب پلاستیک

محمد فارسی^۱، نوید نعیمیان^۱، شهربانو اکبریان^۲

چکیده

در این مطالعه اثر تیمار شیمیایی و نانوسیلیس بر خواص مهندسی چند سازه‌های چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق از آرد چوب راش، نانو سیلیس، تیمار شیمیایی و میزان پلی اتیلن سنگین در ساخت چندسازه در نظر گرفته شدند. از ترکیب عوامل متغیر، ۸ تیمار که از هر تیمار ۳ تکرار ساخته شد. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه ساخته شده براساس استاندارد ASTM انجام گرفت. نتایج آزمون کششی بیان می کند با افزودن تنها ۱٪ نانو سیلیس، مقاومت کششی را به میزان ۴۴٪ افزایش داد. نتایج مدول الاستیسیته کششی نشان داد که با افزایش ۱ درصدی نانو سیلیس به چند سازه چوب - پلاستیک باعث افزایش مدول الاستیسیته کششی گشت و با اضافه کردن اسید اکریلیک به نمونه ها می توان مدول الاستیسیته کششی را بهبود بخشید. نتایج مقاومت به ضربه فاقدار بیان کرد که اثر مثبت نانو بر مقاومت به ضربه بوده است. نتایج جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۷۲ ساعته نشان داد که افزودن نانو سیلیس منجر به کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت گشته و همچنین نمونه‌های ساخته شده با تیمار شیمیایی اسید اکریلیک جذب آب و واکشیدگی ضخامت کمتری را داشتند.

واژه های کلیدی: چوب- پلاستیک، نانو سیلیس، اسید اکریلیک، مقاومت های فیزیکی و مکانیکی

۱- گروه علوم صنایع چوب و کاغذ واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم صنایع چوب و کاغذ، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران و اداره کل

فنی حرفه‌ای استان مازندران

مقدمه

معدنی (تالک، کربنات کلسیم، میکا، کائولن و غیره) بطور وسیع در ساختار کامپوزیت‌های هیبریدی به منظور بهبود خواص نهایی محصول مورد استفاده قرار گرفته‌اند (تجویدی، ۱۳۸۲ و نعیمیان، ۱۳۸۶). لذا امروزه تقاضا برای تولید کامپوزیت‌های با ویژگی‌های مطلوب و قیمت پایین یک رقابت جدی را در بین تولیدکنندگان و محققین ایجاد کرده است، به همین دلیل امکان تولید انواع کاملاً جدید کامپوزیت‌ها از منابع مختلف با ترکیب کردن آنها وجود دارد. از این رو نانوکامپوزیت‌ها که در واقع طبقه‌ی جدیدی از کامپوزیت‌های پلیمری را تشکیل می‌دهند که در ساختار آنها ذرات با ابعاد نانو مورد استفاده قرار می‌گیرند (کرد، ۱۳۸۷). خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چنین کامپوزیت‌هایی به مقاومت اتصال اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن در منطقه‌ی بین فازی بستگی دارد. این خصوصیات توسط افزایش اتصال و چسبندگی دو فاز بهبود می‌یابد. دو روش جهت بهبود چسبندگی وجود دارد. یکی استفاده از عوامل سازگارکننده و دیگری اصلاح شیمیایی شامل اصلاح فاز زمینه‌ی پلیمری و اصلاح فاز لیگنوسلولزی مکانیزم این روش‌ها متفاوت بوده و به ساختار ترکیب شیمیایی مورد استفاده بستگی دارد (فارسی و همکاران ۱۳۸۷). فارسی و همکاران (۱۳۸۷) به مطالعه تاثیر اصلاح شیمیایی بر خصوصیات مکانیکی چندسازه حاصل از پلی‌پروپیلن و ضایعات کشاورزی پرداخت. نتایج حاصل از مقاومت-

در طی سالهای اخیر استفاده از بازیافت چوب و الیاف طبیعی (سلولزی و آرد چوب) به عنوان تقویت‌کننده و یا پرکننده در ساخت مواد مرکب الیاف و پلیمرهای گرم و نرم مورد توجه بسیاری از محققین و نیز بخش عمده‌ای از صنعت قرار گرفته است. این الیاف دارای مزیت‌های فراوان از جمله تجدیدپذیری، دانسیته‌ی کمتر، ارزش حجمی کم، مقاومت و مدول ویژه‌ی بالاتر، ساینده‌ی نسبی کم و سهولت اصلاح سطح الیاف بوده و ضمناً به طور گسترده‌ای در دسترس می‌باشند. مهمترین معایب الیاف طبیعی در مواد مرکب عبارتند از: دمای مجاز پایین‌تر برای فراورش، دشواری پراکنده کردن و پخش این پرکننده‌ها در ماده‌ی زمینه پلیمری، ناسازگاری الیاف طبیعی آب‌دوست و پلیمرهای آب‌گریز و احتمال جذب رطوبت توسط الیاف طبیعی و به تبع آن ماده‌ی مرکب ساخته شده. به‌طورکلی یکی از راه‌های بهبود خواص مواد مرکب چوب-پلاستیک، ساخت مواد مرکب هیبریدی است. در این راستا تولید کامپوزیتی که دارای ترکیبی از خواص چندین تقویت‌کننده یا پرکننده باشد، افزایش یافته است. از این رو می‌توان الیاف طبیعی و الیاف مصنوعی را با نوعی پلیمر ترکیب نمود و کامپوزیت‌های هیبریدی که دارای خواص مکانیکی مطلوب‌تری نسبت به کامپوزیت حاصل است را ایجاد کرد. ترکیباتی نظیر الیاف شیشه، الیاف کربن و پرکننده‌های

مقاومت کششی، مدول الاستیسیته کششی، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته خمشی در اثر اصلاح شیمیایی بهبود یافتند که در این راستا تاثیر وینیل استات در بهبود خواص مکانیکی بیشتر از تاثیر انیدرید استیک بوده است.

Esmaili Moghadam و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر ذرات سیلیس بر روی خواص فیزیکی، مکانیکی و ریخت شناسی نانو کامپوزیت های پلی پرو پیلن- آرد چوب پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که با افزایش نانو ذرات سیلیس تا ۳ درصد ویژگیهای مکانیکی (خمشی و کششی) افزایش یافت. همچنین با افزایش نانو ذرات تا ۵ درصد ویژگیهای مکانیکی کاهش یافت. از سویی دیگر با افزایش نانو ذرات سیلیس تا ۵ درصد جذب آب نانو کامپوزیتها افزایش یافت اما این روند در مورد واکنش پذیری ضخامت به صورت کاهش بود. نتایج ریخت شناسی حاصل از میکروسکوپ الکترونیکی پوشی حکایت از پراکنش مناسب نانو ذرات سیلیس در سطح ۳ درصد داشت، در حالیکه در سطح ۵٪ تجمع ذرات سیلیس مشاهده گردید.

Wang و همکاران (۲۰۰۵) الیاف کتان را توسط تیمار قلیایی، پروکساید و بنزیلاسیون اصلاح کردند و به بررسی اثر این اصلاحات شیمیایی روی ویژگیهای کامپوزیت پلیمر تقویت شده با الیاف کتان پرداختند آنان

های مکانیکی چندسازهها نشان داد اصلاح شیمیایی با بهبود اتصال در فاز بین سطحی، باعث افزایش مدول و مقاومت کششی شد ولی میزان مقاومت به ضربه کاهش یافت. عامل جفت کننده نیز اثر مثبت روی افزایش مدول و مقاومت ها داشته است. میزان مقاومت به ضربه چندسازه تیمار شده با سیلان نسبت به سایر تیمارها افزایش چشمگیری داشت.

یونسی کرد خیلی و نجفی (۱۳۹۰) در بررسی روند جذب آب و همچنین تاثیر سازگار کننده مالئیک انیدرید پلی پرو پیلن بر این روند چند سازه چوب پلاستیک مقایسه شد. نتایج نشان داد چندسازههای که در معرض بخار آب قرار گرفت دارای میزان جذب بخار آب و واکنش پذیری ضخامت بیشتری در مقایسه با چند سازه های غوطه ور شده در آب مقطر می باشد. افزودن ۲ درصد سازگار کننده مالئیک انیدرید نیز موجب کاهش قابل توجهی در میزان جذب آب و بخار آب و همچنین واکنش پذیری ضخامت در چند سازه های چوب پلاستیک گردید.

Ozmen و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر روی خواص مکانیکی چند سازه حاصل از آرد چوب-پلی اتیلن سنگین را مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور نمونه های آرد چوب با غلظت وینیل استات ۱۹٪ و انیدرید استیک ۲۴٪ تیمار شیمیایی شدند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که

اکریلیک و هیدروکسید سدیم جهت تیمار شیمیایی آرد چوب استفاده کردید. آرد چوب راش از کارگاه صنایع چوبی واقع در شهرستان ساری تهیه و پس از عبور از مش ۶۰ به دو روش تیمار شده و تیمار نشده برای ساخت نمونه ها استفاده شد. پلیمر پلی اتیلن سنگین HDPE از محصول شرکت پتروشیمی تبریز با کد تجاری ۵۲۱۸ و نقطه ذوب ۱۹۰ درجه سانتی گراد استفاده شد. از ذرات نانو سیلیس شرکت دگوسا آمریکا، نام تجاری SIO₂ با خلوص ۹۹٪ و در ابعاد ۱۱-۱۴ و دانسیته ۲۰۲ g/cm³ و اسید آکریلیک ساخت کشور چین با نام تجاری GAA و خلوص ۹۵/۹۹ با نقطه جوش ۱۴۱ و هیدروکسید سدیم NaOH مرک المان با ۹۸٪ خلوص تهیه شد.

تیمار شیمیایی: ابتدا محلولی با غلظت ۲

گرم هیدروکسید سدیم و ۱۰۰ گرم آب تهیه گردید. سپس ۱۰۰ گرم آرد چوب راش به مدت یک ساعت در محلول غوطه ور شده و داخل قیف بوخنه ریخته تا آب آن خارج گردد. در ادامه برای خارج کردن هیدروکسید سدیم اضافی آرد چوب را با آب مقطر شستشو داده تا رنگ آن شفاف شود. آرد چوب پیش تیمار شده داخل بشر با اسید اکریلیک خالص غوطه ور شده به مدت نیم ساعت در آون آزمایشگاه با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد. بعد از گذشت نیم ساعت نمونه ها از آون خارج و در داخل قیف بوخنر ریخته شد تا آب

مشاهده کردند که این الیاف شیمیایی باعث بهبود در چسبندگی بین سطحی پلیمر و الیاف کتان می شود. آنان همچنین الیاف کتان را با بنزین کلرید تیمار کردند و از آن در ساخت کامپوزیت الیاف کتان-پلی اتیلن استفاده نمودند. نتایج آنان ۶ درصد بهبود در مقاومت کششی و ۳۳ درصد در جذب رطوبت بود.

Maji و Deka (۲۰۱۲) به بررسی تاثیر نانو ذرات رس و سیلیس بر روی خواص کامپوزیتهای چوب پلاستیک پرداختند نتایج مطالعه آنان نشان داد که با افزایش نانو سیلیس تا ۳ درصد خواص چوب پلاستیک بهبود یافت اما افزودن مقادیر بیشتر نانو ذرات تا ۵ درصد ویژگیهای مکانیکی را کاهش داد.

با توجه به این پیش فرض که اصلاح شیمیایی آرد چوب راش توسط اسید اکریلیک و هیدروکسید سدیم می تواند موجب بهبود برخی خواص فیزیکی و مکانیکی نانوچندسازهی حاصل گردد، اهداف این تحقیق بررسی اصلاح مذکور بر ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی چندسازهی چوب-پلاستیک در شرایط به کارگیری مقادیر مختلف نانو سیلیس بوده است. در ضمن تاثیر متقابل نانوسیلیس و اصلاح شیمیایی بر ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی نانوچندسازه چوب-پلاستیک نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در این تحقیق از آرد راش و پلی اتیلن سنگین و ذرات نانو سیلیس و همچنین از اسید

دمای 103 ± 2 درجه سانتی گراد به مدت چهار ساعت خشک گردیدند. نمونه های آزمونی با روش قالب گیری تزریقی و با استفاده از دستگاه تزریق ساخت شرکت ایمن ماشین مدل ۲۵۰ تهیه گردیدند. فشار تزریق ۳ مگاپاسکال دمای لوله و دمای نازل ۱۸۵ درجه سانتیگراد و دمای قالب ۴۰ درجه سانتیگراد بود. در ساخت چند سازه از آرد چوب راش به میزان ۵۰ درصد و نانو سیلیس در چهار سطح (۰ و ۱ و ۳ و ۵ درصد) استفاده گردید. هم چنین از پلیمر پلی اتیلن سنگین به میزان ۵۰ درصد استفاده شد. در مجموع ۸ تیمار بدست آمد که هر کدام شامل سه تکرار است.

آن خارج گردد. نمونه ها در داخل آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از خشک شدن در داخل شیشه ها قرار داده شدند.

مراحل ساخت نمونه‌ها: پلی اتیلن

سنگین و ذرات آرد راش تیمار شده و تیمار نشده بر اساس درصدهای اختلاط تعیین شده و با استفاده از دستگاه اکسترودر دوماریچچه غیر همسو گرد ، مدل جی.ام.بی.اچ ساخت شرکت کولین به روش مذاب و در دمای اختلاط ۱۶۰ تا ۱۷۵ درجه سانتیگراد و با سرعت ماریچج ۶۰ rpm و نسبت طول به قطر دستگاه = ۱۶ مخلوط شدند. سپس با دستگاه آسیاب نیمه صنعتی مدل WIESER WGLS 200/200 نمونه های بی شکل حاصل از مخلوط ساز به گرانول تبدیل شدند. گرانول های تولید شده قبل از فرایند تزریق در اتوو آزمایشگاهی با

| نوع | کد تیمار | آرد چوب راش (%) | HDPE (%) | نانو سیلیس (%) |
|------------|----------|-----------------|----------|----------------|
| تیمار شده | ۱ | ۵۰ | ۵۰ | ۰ |
| | ۲ | ۴۹ | ۵۰ | ۱ |
| | ۳ | ۴۷ | ۵۰ | ۳ |
| | ۴ | ۴۵ | ۵۰ | ۵ |
| تیمار نشده | ۵ | ۵۰ | ۵۰ | ۰ |
| | ۶ | ۴۹ | ۵۰ | ۱ |
| | ۷ | ۴۷ | ۵۰ | ۳ |
| | ۸ | ۴۵ | ۵۰ | ۵ |

جدول ۱- درصد ترکیب مواد چند سازه

خواص فیزیکی و مکانیکی

برای آزمون‌های کشش، خمش و ضربه به ترتیب از استانداردهای ASTM D-638، ASTM D-790-10، D256، 10، ASTM استفاده شد. جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM D-7031-04 تهیه و پس از ۷۲ ساعت با رابطه زیر محاسبه شد.

$$۱) WA_{(t)} = \frac{W_{(t)} - W_0}{W_0} \times 100$$

$$۲) TS: \frac{T_t - T_0}{T_0} \times 100$$

روش تجزیه و تحلیل آماری: به منظور

بررسی تاثیر مستقل و متقابل پارامترها، تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در آزمون فاکتوریل انجام شد و در نهایت مقایسه و گروه بندی داده‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ صورت گرفت.

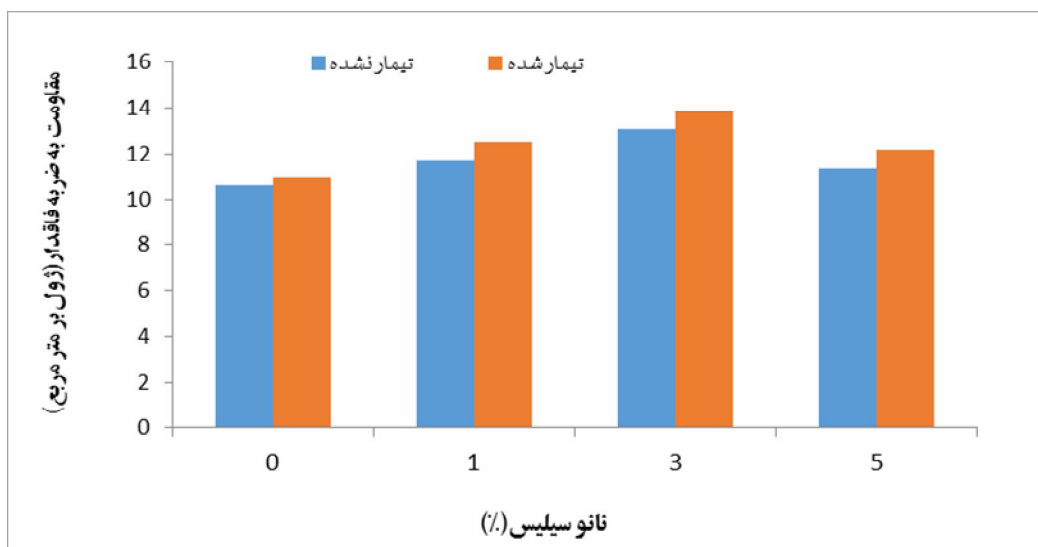
نتایج:

مقاومت به ضربه

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر درصد نانوسیلیس بر مقاومت به ضربه معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین مقاومت به ضربه با افزودن ۱٪ نانو سیلیس میزان مقاومت به ضربه فاقدار بیش از ۱۳٪ افزایش یافته (۱۰/۲۴ ژول بر متر مربع) است، که نشان از

تاثیر مثبت نانو بر مقاومت به ضربه بوده است. اما وقتی این میزان افزایش به ۳٪ (۱۲/۹۲ ژول بر متر مربع) می‌رسد بیشترین میزان مقاومت به ضربه فاقدار را می‌توان مشاهده کرد. ولی در سطح ۵٪ نانو از میزان مقاومت به ضربه کاسته می‌شود. (شکل ۱).

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر آرد چوب (تیمار شده بدون تیمار) بر مقاومت به ضربه معنی‌دار بود (جدول ۲). نمونه‌های تیمار شده با اسید آکرلیک از مقاومت به ضربه فاقدار بیشتری نسبت به نمونه‌های بدون تیمار می‌باشد. میزان مقاومت به ضربه فاقدار در آرد چوب راش تیمار شده ۱۲/۴۷ و بدون تیمار شده ۱۱/۸۵ ژول بر متر مربع می‌باشد. به عبارتی دیگر می‌توان گفت که تیمار شیمیایی آرد چوب سبب افزایش مقاومت در نمونه‌ها شده است. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر متقابل نانوسیلیس و تیمار شیمیایی آرد چوب راش بر مقاومت به ضربه معنی‌دار بود. در کل استفاده از نانو سیلیس در سطح ۳٪ و تیمار شیمیایی با اسید آکرلیک تاثیر مثبت و بسزایی در افزایش مقاومت‌ها دارد (شکل ۲).



شکل ۱. تاثیر آرد چوب و نانو سیلیس بر مقاومت به ضربه چند سازه ساخته شده از آرد چوب راش و پلی اتیلن سنگین

جدول ۲- آزمون تجزیه واریانس خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه ساخته شده از آرد چوب راش و پلی اتیلن سنگین

| آزمون | نانو سیلیس | آرد چوب | نانو × آرد چوب |
|--------------------|------------|----------|----------------|
| مقاومت به ضربه | * ۴/۴۲۴ | * ۱۲/۱۲۴ | * ۲/۹۴۲ |
| مقاومت کششی | * ۲۲/۴۵۷ | * ۱۲/۷۸۴ | * ۱۳/۵۴۵ |
| مدول الاستیته کششی | * ۲/۳۴۹ | * ۲/۲۵۸ | * ۱/۹۰۷ |
| جذب آب ۷۲ ساعته | * ۳/۶۵۳ | * ۰/۸۸۲ | * ۰/۰۹۷ |
| واکشیدگی ضخامت | * ۸/۲۴۴ | * ۰/۵۵۰ | * ۰/۱۹۵ |

مقاومت کششی

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر نانو سیلیس بر مقاومت کششی چند سازه ساخته شده از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین معنی دار بود (جدول ۲). با افزودن تنها ۱٪ نانو سیلیس، مقاومت کششی را به میزان ۴۴٪ افزایش داد که بیشترین میزان مقاومت در بین

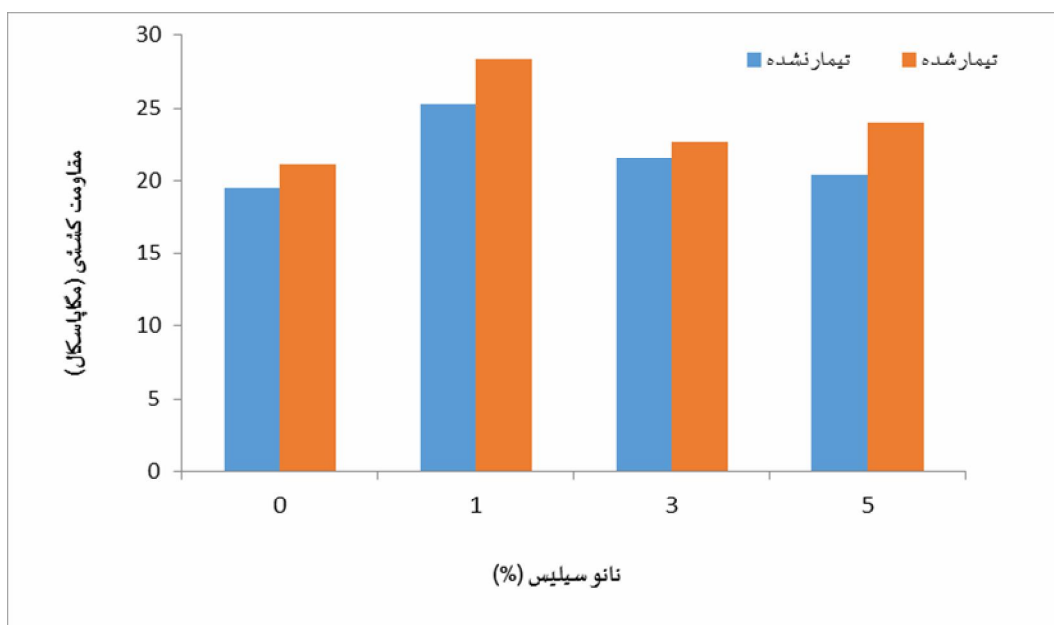
درصد های مختلف نانو سیلیس بوده است. ضمن این که چندسازه چوب - پلاستیک های ساخته شده از ۵٪ نانو سیلیس دارای مقاومت کششی ۲۶/۳۳ مگا پاسکال است و مقاومتی خوبی را دارند. همانطور که ملاحظه می شود مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک با ۰٪

کششی چندسازه چوب پلاستیک بدون تیمار ۲۰/۳۱ مگاپاسکال کمترین مقاومت را دارا می-باشد. (شکل ۲).

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر متقابل آرد چوب و نانو سیلیس بر مقاومت کششی چند سازه ساخته شده از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین معنی دار بود (جدول ۲). تاثیرات مثبت نانو سیلیس بر مقاومت کششی نمونه‌های ساخته شده و نیز اثر تیمار شیمیایی با اسید آکرلیک در مقدار ۱٪ نانو سیلیس بهترین نمونه بوده است و بیشترین میزان مقاومت کششی را دارا است (شکل ۲).

نانو سیلیس با ۱۹/۶۷ مگاپاسکال کمترین مقاومت را دارا می‌باشد. (شکل ۲).

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر آرد چوب (تیمار شده و بدون تیمار) بر مقاومت کششی چند سازه ساخته شده از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین معنی دار بود (جدول ۲). میزان مقاومت کششی در چند سازه‌هایی که با اسید آکرلیک تیمار شده‌اند بیشتر از چند سازه‌هایی هستند که بدون تیمار هستند. چندسازه چوب - پلاستیک های ساخته شده با تیمار دارای مقاومت کششی ۲۷/۰۲ مگا پاسکال است و بیشترین مقاومت کششی را دارند. همانطور که ملاحظه می‌شود مقاومت



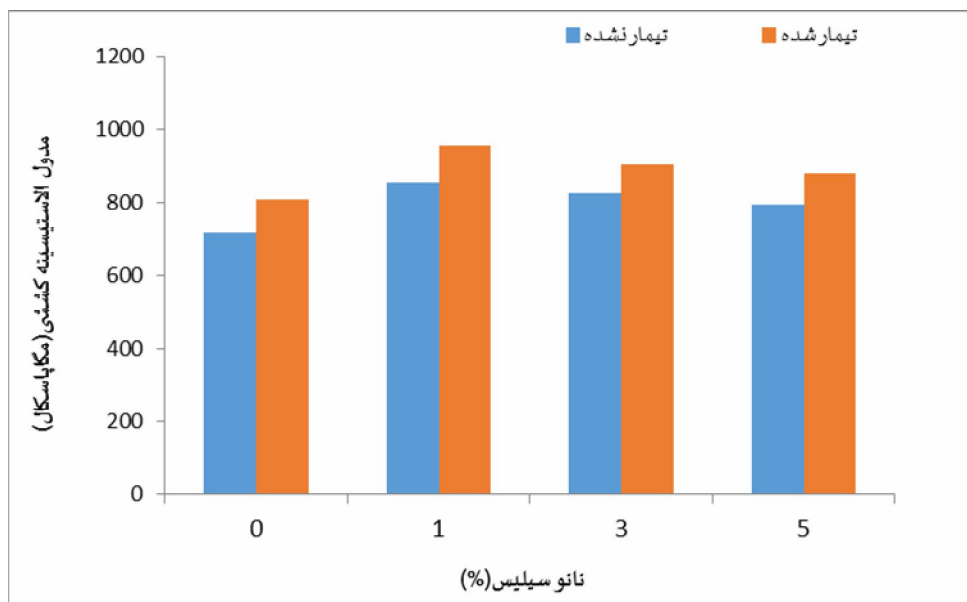
شده از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش ۱ درصدی نانو سیلیس به چند سازه چوب پلاستیک شاهد افزایش مدول الاستیسیته کششی به مقدار ۳۵٪ هستیم و مقدار آن از ۷۰۴/۳۲ مگاپاسکال به

مدول الاستیسیته کششی

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر مستقل نانو سیلیس و تاثیر مستقل آرد چوب و تاثیر متقابل آرد چوب و نانو سیلیس برمدول الاستیسیته کششی چند سازه ساخته

الاستیسیته کششی را بهبود بخشید و به طوری که مدول الاستیسیته کششی را از ۸۲۳/۷۱ به ۹۱۴/۵۵ مگاپاسکال رساند. بنابراین تیمار شیمیایی با اسید آکرلیک به طور محسوسی در افزایش مدول الاستیسیته کششی کمک می‌کند. وجود تیمار شیمیایی به همراه نانو سیلیس در سطح یک درصد بر افزایش مدول الاستیسیته کششی می‌افزاید (شکل ۳).

۹۵۵/۶۳ مگاپاسکال رسید. چندان سازه چوب - پلاستیک های ساخته شده از ۰.۳٪ و ۰.۵٪ نانو سیلیس کاهش می‌یابد و بین این دو درصد (۳ و ۵) اختلاف زیادی مشاهده نمی‌شود (۵/۳۶ مگاپاسکال). نمونه های ساخته شده با ۱٪ نانو سیلیس دارای بیشترین مدول الاستیسیته کششی است و ۰٪ کمترین مدول را دارند. با اضافه کردن اسید آکرلیک به نمونه‌ها می‌توان مدول



شکل ۳. تاثیر نانو سیلیس و آرد چوب بر روی مدول الاستیسیته کششی چند سازه ساخته شده از آرد چوب راش و پلی اتیلن سنگین

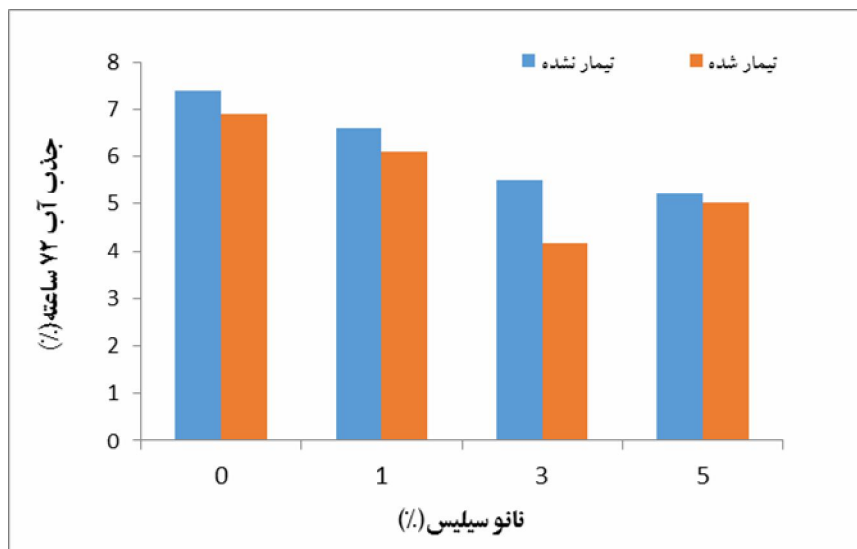
۷/۶۸ به ۵/۵۶ درصد تغییر یافته است که نشان از تاثیر مستقیم و مثبت افزودن نانو سیلیس بر جذب آب نمونه های ساخته شده می‌باشد. با افزایش سطح نانو سیلیس تا ۳ درصد مقدار جذب آب کاهش و بعد از آن افزایش جزئی یافت. چندان سازه چوب - پلاستیک های تیمار شده مقدار کمتری جذب آب دارند و این مقدار به حدود ۴/۱۸٪ می‌رسد. با افزایش

جذب آب ۷۲ ساعته

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر مستقل نانو سیلیس و تاثیر مستقل آرد چوب و تاثیر متقابل آرد چوب و نانو سیلیس بر جذب آب ۷۲ ساعته چند سازه ساخته شده از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش میزان نانو سیلیس از ۰ به ۱٪، میزان جذب آب کاهش یافته و از

نمونه های ساخته شده از ۰ و ۳ درصد نانو سیلیس دیده می شود و بعد از آن مجدداً افزایش در نمونه های تیمار شده و تیمار نشده مشاهده گردید. (شکل ۴)

میزان نانو سیلیس از ۰ به ۳ درصد میزان جذب آب در نمونه های تیمار شده و نمونه های تیمار نشده کاهش محسوسی یافت بطوری که بیشترین و کمترین جذب آب به ترتیب در

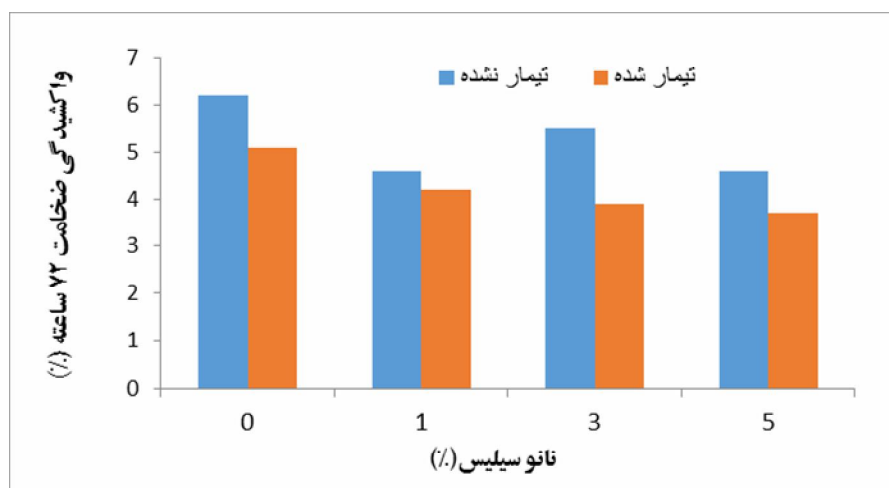


شکل ۴: تاثیر آرد چوب و نانو سیلیس بر جذب آب چند سازه ساخته شده از آرد چوب راش و پلی اتیلن سنگین

مشاهده شد (شکل ۵). با افزایش در صد نانو سیلیس از ۰ تا ۵ درصد مقدار واکنشیدگی ضخامت ۷۲ ساعته کاهش یافت. با اضافه شدن نانو سیلیس به مقدار ۱ درصد کاهش چشمگیری در مقدار واکنشیدگی ضخامت ۷۲ ساعته ایجاد شد و با تغییرات در واکنشیدگی ضخامت از ۳ تا ۵ درصد از نانو سیلیس بسیار ناچیز بود

واکنشیدگی ضخامت

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر مستقل نانو سیلیس و تاثیر مستقل آرد چوب و تاثیر متقابل آرد چوب و نانو سیلیس بر واکنشیدگی ضخامت چند سازه ساخته شده از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین معنی دار بود (جدول ۲). نمونه های تیمار شده نسبت به نمونه های تیمار نشده واکنشیدگی ضخامت کمتری را دارند. با افزایش میزان نانو سیلیس از ۰ به ۵ درصد میزان واکنشیدگی ضخامت ۷۲ ساعته در نمونه های تیمار شده با اسید اکریلیک کاهش داشته است بطوریکه بیشترین و کمترین واکنشیدگی ضخامت در نمونه های تیمار شده به ترتیب در ۰ و ۵ درصد افزودن نانو سیلیس



شکل ۵: تاثیر آرد چوب و نانو سیلیس بر واکشیدگی ضخامت چند سازه ساخته شده از آرد چوب راش و پلی اتیلن سنگین

سطح وزنی زیاد و بالا تمایل به کلوخه شدن دارند و این کلوخه شدن به راحتی می‌توانند منجر به ایجاد شکاف اطراف خود شده و در نهایت افت مقاومت به ضربه فاقدار می‌شود. در این پژوهش استفاده از نانو سیلیس در سطح ۳ درصد بهترین چند سازه بوده است و با افزایش سطح تا ۵ درصد کاهش مقاومت را مشاهده کردیم. همچنین تیمار شیمیایی با بهبود مقاومت، اندازه و شکل الیاف منجر به افزایش چسبندگی سطحی ماتریس پلیمر و الیاف می‌گردد. نتایج تحقیقات امینی (۱۳۹۲)، نوربخش (۲۰۱۱)، کائو و همکاران (۲۰۰۶) و فارسی و همکاران (۱۳۸۷) با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

مقاومت کششی: نتایج مقاومت کششی بیان می‌کند که با افزودن تنها ۱٪ نانو سیلیس، مقاومت کششی را به میزان ۴۴٪ افزایش داد که بیشترین میزان مقاومت در بین درصد‌های مختلف نانو سیلیس بوده است و نیز میزان

بحث و نتیجه گیری

مقاومت به ضربه: نتایج مقاومت به ضربه فاقدار نشان داد که با افزودن ۱٪ نانو سیلیس میزان مقاومت به ضربه فاقدار بیش از ۱۳٪ افزایش یافته است. که نشان از تاثیر مثبت نانو بر مقاومت به ضربه بوده است. اما وقتی این میزان افزایش به ۳٪ می‌رسد بیشترین میزان مقاومت به ضربه فاقدار را می‌توان مشاهده کرد. نمونه‌های تیمار شده با اسید آکریلیک از مقاومت به ضربه فاقدار بیشتری نسبت به نمونه‌های بدون تیمار می‌باشد. میزان مقاومت به ضربه فاقدار در آرد چوب راش تیمار شده ۱۲/۴۷ و بدون تیمار شده ۱۱/۸۵ ژول بر متر مربع می‌باشد. به عبارتی دیگر می‌توان گفت که تیمار شیمیایی آرد چوب سبب افزایش مقاومت در نمونه‌ها شده است. عوامل اخیر نقش بسزایی در بهبود اتصال دارند لذا موجب تقویت و بهبود عملکرد ماده مرکب در برابر تنش حاصل از ضربه می‌گردند. نانو سیلیس در

با افزایش سطح نانو سیلیس تا ۳ درصد شاهد کاهش جذب آب هستیم و نیز نمونه های ساخته شده با تیمار شیمیایی اسید آکرلیک در جذب آب ۷۲ ساعته شاهد کاهش جذب آب به مقدار ۳۹٪ خواهیم بود. چندسازه چوب - پلاستیک های تیمار شده مقدار کمتری جذب آب دارند و این مقدار به حدود ۴/۱۸٪ می رسد. با افزودن ۵٪ نانو سیلیس به نمونه، واکنشیدگی ضخامت ۷۲ ساعته چندسازه چوب- پلاستیک ۳۵٪ کاهش خواهد. نمونه های ساخته شده با تیمار شیمیایی اسید آکرلیک در واکنشیدگی ضخامت ۷۲ ساعته شاهد کاهش واکنشیدگی ضخامت به مقدار ۱۷٪ خواهیم بود. کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چند سازه حاوی نانو سیلیس و تیمار شیمیایی را می توان به علت بهبود اتصالات در سطح مشترک بین دو فاز و کاهش ترک های ریز میکروسکوپی درون چندسازه مورد بررسی نسبت داد. زیرا با پر شدن منافذ ریز در ساختار چند سازه، نفوذ آب به داخل چندسازه محدود می گردد. همچنین تیمار شیمیایی به دلیل ایجاد اتصالات مناسب در منطقه بین فازی و کم کردن فاصله و حفرات بین الیاف و ماتریس باعث کاسته شدن واکنشیدگی ضخامت می شود و تیمار توانسته بود قطبی بودن خاک اره راش را کاهش دهد و سبب چسبندگی بهتر الیاف می شود و جذب آب را کاهش می دهد که با نتایج دکا و ماجی (۲۰۱۲) یکسان بود.

مقاومت کششی در چند سازه هایی که تیمار شده اند با اسید آکرلیک بیشتر از چند سازه هایی هستند که بدون تیمار هستند. وجود نانو سیلیس باعث توزیع مناسب بار، وجود یک اتصال قوی در سطح مشترک فاز لازم است. تیمار شیمیایی با اسید آکرلیک منجر به تیمار الیاف با حذف همی سلولز به عنوان جزء ناخالص منجر به کاهش تبلور و بهبود مکانیکی چند سازه می شود که با نتایج دکا و ماج (۲۰۱۲)، کرد (۱۳۸۸)، وانگ و همکاران (۲۰۰۱) در یک راستا بود.

مدول الاستیسیته کششی : نتایج مدول

الاستیسیته کششی نشان داد که با افزایش ۱ درصدی نانو سیلیس به چند سازه چوب پلاستیک شاهد افزایش مدول الاستیسیته کششی به مقدار ۳۵٪ هستیم و با اضافه کردن اسید آکرلیک به نمونه ها می توان مدول الاستیسیته کششی را بهبود بخشید. وجود نانو سیلیس در نمونه های مدول الاستیسیته کششی موجب پراکنش یکنواخت تر مواد در داخل چند سازه و در منطقه بین فازی چند سازه شده است. همچنین حضور نانو و تیمار شیمیایی ضمن بهبود اتصال در سطح مشترک بین ذرات پرکننده و ماده زمینه سبب توزیع مناسب تر ذرات پرکننده در ماتریس پلیمری می گردند و در نتیجه مدول الاستیسیته کششی را افزایش می دهند. نتایج پژوهش های وانگ و همکاران (۲۰۰۵)، امینی (۱۳۹۲) و سریکالا وتوماس (۲۰۰۳) با این نتایج مطابقت دارد.

جذب آب و واکنشیدگی ضخامت :

نتایج جذب آب و واکنشیدگی ضخامت ۷۲ ساعته غوطه وری در آب به ترتیب بیان کرد که

منابع

- ۱- نعیمیان، نوید. ۱۳۸۶. بررسی خواص چند سازه‌های هیبرید الیاف کنف - آرد چوب پلی‌پروپیلن رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
- ۲- کرد، ب. ۱۳۸۷. بررسی خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و ریخت شناسی کامپوزیت‌های هیبریدی آرد چوب، پلی پروپیلن و نانو فیلر. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
- ۳- فارسی، م. ۱۳۸۷. تحلیل دینامیکی - مکانیکی - حرارتی چند سازه های ساخته شده از پلی پرو پیلن وضایعات کشاورزی. رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
- ۴- فارسی، م.، خادمی اسلامی، ح.، طلایی-پور، م. و قاسمی، ا. ۱۳۸۷. تاثیر اصلاح شمیایی بر خصوصیات مکانیکی چندسازه حاصل از پلی پروپیلن و ضایعات لیگنوسلولزی. فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، ۳ (۴): ۵۳-۶۴
- ۵- تجویدی، مهدی. ۱۳۸۲. بررسی خواص مهندسی ویسکوالاستیک مواد مرکب حاصل از پلیمرهای گرمانرم و الیاف طبیعی با استفاده از تحلیل دینامیکی - مکانیکی (DMA) رساله دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی تهران.
- ۶- طاهرینیا، ع. ۱۳۸۷. بررسی خواص چند سازه ساخته شده از سیمان -الیاف بازیافتی به منظور بکار گیری در صنعت ساختمان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی واحد چالوس
- ۷- امینی، امیر. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر تیمار حرارتی ریزموج بر خواص مهندسی چندسازه آردچوب/ نانوسیلیس/ HDDE، پایان نامه دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ص ۱۹
- ۸- یونسی کرد خیلی، حامد و کاظم نجفی، سعید. ۱۳۹۰. مقایسه بین روند جذب آب و بخار آب در چندسازه پلی پروپیلن - الیاف چوب. مجله پژوهشی علوم و فناوری چوب و جنگل، مجله ۱۷، شماره
- ۹- امینی، امیر. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر تیمار حرارتی ریزموج بر خواص مهندسی چندسازه آردچوب/ نانوسیلیس/ HDDE، پایان نامه دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ص ۱۹

10- Ozmen, N., Cetin, N.S., Mengeloglu, F., Birinci, E., and Karakus, K. 2013. Effect of wood acetylation with vinyl acetate and acetic anhydride on the properties of wood plastic composite. *Journal of bioresource*, 8(1): 753-767.

11 - Ismaeilimoghadam, S. Shamsian, M. Bayat Kashkoli, A. Kord, B. 2015. Evaluation of effect of Nano SiO₂ on the physical, mechanical and orphological properties of hybrid Nano composite from polypropylene-wood flour. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*. 30(2): 266-277

12-Wang, L.K., Wang, L., Chen, Y., and Zhang, C.H. 2005. Preparation, morphology and thermal/mechanical properties of epoxy/Nano clay composite. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 37(11): 1890–1896.

13- Deka, B.K., and Maji, T.K. 2012. Effect of SiO₂ and Nano clay on the properties of wood polymer Nano composite. *Polymer. Bull*, DOI 10.1007/s00289-012-0799-6.

14- Sreekala, M., S. Thomas, 2003. Effect of fiber modification on water soption characteristics of oil palm fiber. *Comps sci technol*, 63 (6): 861.

15 - Cao, Y., Shibata, S. and Fukumoto, I., 2006. Mechanical properties of bridgeable composite reinforced with bagasse fiber before and after alkali treatment, *Compos. A*, 37:423-429.

16- Wang,H.C, Zhgeng, M.Elcoritcn, L.J, Le and K.W,Koelling 2001. Processing and Properties of polymeric nano composites polymer engineering science 41(11). 236 – 246