

# اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر روی رفتار هیگروسکوپیک نانو چند سازه چوب / پلاستیک

عبداله حسین زاده<sup>۱</sup>، سعدی محمدی<sup>۲</sup>، بهزاد کرد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۴

## چکیده

در این تحقیق تأثیر اصلاح شیمیایی آردچوب و مقدار نانوذرات رس بر روی رفتار هیگروسکوپیک چند سازه چوب - پلاستیک حاصل از پلی پروپیلن و آرد چوب مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور آرد چوب خشک شده تحت تیمار شیمیایی اسیداستیک و بنزیل کلراید قرار گرفته و با نسبت وزنی ۶۰ درصد با پلی پروپیلن در دستگاه مخلوط کن داخلی مخلوط شد و نانو رس نیز با نسبت وزنی ۰، ۱، ۳ و ۵ Phc در تمام ترکیبها استفاده شد. سپس نانو چند سازه چوب - پلاستیک با استفاده از روش قالبگیری تزریقی ساخته و جذب آب آنها مطابق با استاندارد ASTM اندازه گیری گردید. از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) نیز جهت بررسی انجام اصلاح شیمیایی استفاده شد. همچنین برای بررسی ساختار و نحوه عملکرد ذرات نانو رس از آزمون تفرق اشعه ایکس (XRD) استفاده گردید. نتایج نشان داد که به کارگیری ترکیبات شیمیایی جهت اصلاح شیمیایی آرد چوب میزان جذب گروه هیدروکسیل در باند جذبی  $3420-3425 \text{ cm}^{-1}$  را کاهش داده است که نشان دهنده انجام اصلاح شیمیایی الیاف سلولزی است. همچنین بررسی مورفولوژی نانو چند سازه به کمک روش پراش اشعه ایکس نشان داد که توزیع نانو ذرات رس در زمینه پلیمری از نوع ساختار بین لایه ای (Intercalation) می باشد. با افزایش مقدار نانو رس از ۰ به ۱ درصد، فاصله بین لایه های سیلیکاتی افزایش یافته و سپس با افزایش مقدار نانورس تا ۵ درصد، فاصله بین لایه ها کاهش یافت. در مجموع تیمار با اسید استیک نتایج بهتری را در کاهش میزان جذب آب نانو چند سازه حاصل نشان داد.

**واژه های کلیدی:** چوب - پلاستیک، تیمار شیمیایی، نانو رس، آرد چوب، نانوکامپوزیت، تفرق اشعه ایکس، طیف سنجی مادون قرمز

---

۱- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس.

email: Abdollah279@yahoo.com

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس (نویسنده مسئول)

email: Sadi.mohamadi@yahoo.com

۳- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس.

email: behzad\_k8498@yahoo.com

## مقدمه

چند سازه چوب، پلاستیک، چوبی است با برتری های پلاستیک و پلاستیکی است با استحکام و در ظاهر شبیه چوب [۱]. در طی سال های اخیر استفاده از الیاف طبیعی (سلولزی و آرد چوب) بعنوان تقویت کننده و یا پرکننده در ساخت مواد مرکب الیاف و پلیمرهای گرما نرم مورد توجه بوده و این الیاف طبیعی می توانند در بسیاری از موارد جایگزین پرکننده های متداول در صنعت پلاستیک مانند تالک، کربنات کلسیم، الیاف شیشه و کربن شوند مزیت پرکننده های طبیعی نسبت به پرکننده های سنتی و متداول در صنعت پلاستیک خاصیت تجدیدپذیری، دانسیته کمتر، مقاومت و مدول بالاتر، سایندهایی نسبی کمتر و سهولت اصلاح سطح این الیاف بوده و بطور گسترده نیز در دسترس می باشند [۳]. ولی این مواد دارای معایبی مانند دمای مجاز فراورش پایین تر، دشواری پراکنده شدن و پخش در ماده زمینه پلیمری، ناسازگاری الیاف طبیعی آبدوست و پلیمرهای آبگریز و احتمال جذب رطوبت توسط الیاف و به تبع آن ماده مرکب ساخته شده نیز می باشند [۳]. چند سازه چوب پلاستیک بوسیله پخش ترکیبات لیگنوسلولزی همچون آرد چوب، الیاف چوب، پوست برنج، کتان، کنف، الیاف نی و سیسال در داخل پلاستیک های مذاب نظیر پلی وینیل کلراید (PVC)، پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن (PP)، پلی استایرن (PS) از طریق فرایندهای روزن رانی، شکل گیری حرارتی، قالبگیری فشاری و تزریق ساخته می شوند.

لذا با توجه به گسترش مصرف این نوع چند سازه ها در صنایع مختلف نظیر ساختمان سازی، کف پوش ها و غیره و اینکه عموماً در این موارد چند سازه چوب پلاستیک در تماس مستقیم با آب قرار می گیرد و همچنین ضرورت

کنترل و رفع کاستی های این فرآورده ها، مطالعات زیادی در راستای اصلاح آنها در دست انجام است.

بسیاری از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی این چند سازه ها به مقاومت اتصال اجزاء تشکیل دهنده آن در منطقه بین فازی بستگی دارد. این خصوصیات توسط افزایش اتصال و چسبندگی دو فاز بهبود می یابد. دو روش جهت بهبود چسبندگی وجود دارد: اصلاح فاز زمینه پلیمری و اصلاح فاز پرکننده لیگنو سلولزی.

در مورد اول برای ایجاد اتصال بین ماده پلیمریک با ماهیت غیر قطبی و ماده لیگنو سلولزی با ماهیت قطبی معمولاً از پلیمر اصلاح شده جهت ایجاد اتصال بین دو فاز استفاده می شود که به جفت کننده ها شهرت دارند. در مورد دوم نیز تلاش هایی جهت کاهش خواص هیگروسکوپیک و قطبیت و فعال سازی گروه های عاملی برای افزایش انرژی های سطحی در ایجاد اتصال با پلیمر اصلاح شده، صورت گرفته است. این عمل معمولاً از طریق اعمال پیش تیمار با تیمارهای شیمیایی ماده لیگنوسلولزی در محیط های قلیایی و یا اسیدی خاص انجام می گیرد. البته مکانیسم عمل این تیمارها متفاوت بوده و به ساختار ترکیب شیمیایی مورد استفاده بر می گردد. در تیمار استیلایون چوب، گروه های آبگریز استیل جایگزین گروه های آبدوست هیدروکسیل بسپارهای دیواره سلول می شوند. به این ترتیب این گروه ها عملاً از بین می روند. با از دست رفتن گروه های هیدروکسیل، عملاً جایگاه های فعال واکنش های این بسپارها در هنگام جذب آب، از بین می رود به تناسب استیله کردن و استقرار گروه های آب گریز استیلن به جای گروه های هیدروکسیل، میزان جذب آب نیز کمتر می شود [۲].

ذرات رس (۰، ۱، ۲ و ۳ درصد) را بر روی ویژگی‌های کاربردی چند سازه چوب-پلاستیک حاصل از پلی پروپیلن و آرد چوب راش بررسی کرد. نتایج او نشان داد که افزایش مقدار نانو ذرات رس از ۰ به ۳ درصد، سبب کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نانو چند سازه حاصل گردید. [۳]. همچنین قاسمی و کرد (۲۰۰۹)، به بررسی رفتار جذب آب طولانی مدت چند سازه هیبریدی آرد چوب راش / پلی پروپیلن / نانو رس پرداختند و اثر میزان استفاده از نانو رس (۰، ۳، و ۶ Phc) و سازگار کننده MAPP (۰، ۲ و ۴ Phc) را روی جذب آب چند سازه بررسی نمودند نتایج آنها نشان داد که جذب آب با افزایش میزان نانو رس کاهش می‌یابد که آن را مرتبط با طبیعت آبریز سطح رس دانستند [۶].

هدف از این تحقیق بررسی اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب توسط اسید استیک و بنزین کلراید بر رفتار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چند سازه چوب - پلاستیک در شرایط به کارگیری مقادیر مختلف نانورس بوده است.

## مواد و روش‌ها

### تهیه مواد

آرد چوب مورد استفاده شده در این تحقیق مخلوط پهن برگان با اندازه ذرات ۱۵۰ میکرون بوده که از شرکت آریا سلولز تهیه گردید. در این پژوهش از پلی پروپیلن محصول شرکت Hyosung با شاخص جریان مذاب gr/10min ۱۸ با نام تجاری R200P به عنوان ماده زمینه استفاده گردید.

نانو رس مورد استفاده در این تحقیق یکی از انواع مونتموریلونیت اصلاح شده با نام تجاری cleosit 15A بوده که توسط شرکت آمریکایی

گاسان و بلدزکی<sup>۱</sup> (۱۹۹۹)، گزارش کردند که جذب آب الیاف کنف و الیاف کاج استیله شده به ترتیب تا حدود ۵۰ و ۶۵ درصد کاهش می‌یابد [۴]. همچنین جوزف<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۰)، در تحقیقی تحت عنوان چند سازه‌های پلیمری تقویت شده با الیاف طبیعی عنوان نمودند که در تیمار بنزیلاسیون الیاف طبیعی، نفوذ گروه بنزیلی (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>C=O) در الیاف چوب باعث کاهش طبیعت آبدوستی الیاف می‌شود [۷]. وانگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، الیاف کتان را با بنزین کلراید تیمار نمودند و از آن در ساخت چند سازه الیاف کتان / LDPE استفاده نمودند. نتایج آنها ۳۳ درصد بهبودی در جذب رطوبت نشان داد [۵]. شاکری و قاسمیان (۲۰۱۰)، در بررسی اثر تیمارهای مختلف شیمیایی بر رفتار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چند سازه هیبریدی کاغذ روزنامه بازیافتی / الیاف شیشه / پلی پروپیلن نشان دادند که تیمارهای شیمیایی موجب اصلاح سطح الیاف می‌شود و جذب آب را کاهش می‌دهد [۸]. همچنین استفاده از ذراتی با ابعاد نانو مثل نانوکربن‌ها و ذرات نانورس در مقدار بسیار اندک (حدود ۴ الی ۵ درصد) به دلیل داشتن ضریب ظاهری بالا موجب بهبود بسیاری از خواص چند سازه پلیمری می‌گردند.

وو<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۷)، دریافتند که با اضافه نمودن تنها ۲ درصد پرکننده نانو رس به نانو چند سازه حاصل از آرد چوب کاج و پلی-اتیلن سنگین، مقاومت جذب آب و واکنشیدگی ضخامت به میزان ۵ الی ۷ درصد کاهش می‌یابد [۹]. کرد (۱۳۸۸)، در پژوهشی اثر مقدار نانو

<sup>1</sup>-Gassan & Bledzki

<sup>2</sup>- Joseph

<sup>3</sup>-Wang

<sup>4</sup>-Wu

### تیمار آرد چوب با بنزیل کلراید

ابتدا محلول هیدروکسیل با غلظت ۵٪ آماده شد. سپس به ازای هر یک لیتر محلول ۵۰۰ میلی لیتر بنزیل کلراید به آرامی به آن اضافه گردید. به مدت نیم ساعت آرد چوب در این محلول قرار گرفت و بعد از آن زه کش و بوسیله آب مقطر شستشو گردید. سپس به مدت یک ساعت در اتانول غوطه ور گردید و بعد با آب مقطر شستشو داده شد و به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا خشک شود. پس از خشک شدن در داخل کیسه های پلاستیک قرار داده شدند.

### روش ساخت چند سازه

براساس متغیرهای مد نظر این تحقیق و تیمارهای حاصل از آن که در جدول (۱) ارائه شده است نمونه های آزمون ساخت شده اند. مخلوط کردن مواد در دستگاه مخلوط کن داخلی (internal mixer) ساخت شرکت Haake Buchler آلمان مدل HBI SYSTEM 90 که در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران موجود می باشد در دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد و با سرعت ۶۰ دور در دقیقه (RPM) به مدت ۱۲ دقیقه انجام شد. به این صورت که ابتدا گرانول های پلی پروپیلن به داخل محفظه دستگاه ریخته شده و بعد از آنکه پلی پروپیلن به شکل مذاب درآمد آنگاه ماده نانورس به داخل محفظه اختلاط دستگاه ریخته شده و در نهایت آرد چوب اضافه گردید. برای این که بتوان نمونه ها را در دستگاه قالب یری تزریقی تولید کرد باید آمیزه بی شکل تولید شده در مخلوط کن داخلی را به گرانول تبدیل کرد. برای گرانول کردن آمیزه های بی شکل از دستگاه آسیاب نیمه صنعتی ساخت شرکت آلمانی WIESER مدل WG-LS200/200 که در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران موجود می -

southern-clay تولید شد. از هیدروکسید سدیم (NaOH) ساخت شرکت آسیا شیمی با خلوص ۹۸ درصد، اسید استیک گلاسیال ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ساخت شرکت شیمی پژوهش آسیا با خلوص ۹۹/۸ درصد، بنزیل کلراید ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}$ ) ساخت شرکت مرک آلمان با خلوص  $>98$  جهت تیمار آرد چوب استفاده شد.

### روش آماده سازی مواد

#### پیش تیمار قلیایی آرد چوب

ابتدا محلولی با غلظت ۱۵٪ هیدروکسید سدیم (NaOH) تهیه گردید. سپس آرد چوب به مدت ۲۴ ساعت در این محلول غوطه ور شده در پایان ۲۴ ساعت برای خارج کردن NaOH اضافی آرد چوب با آب مقطر شستشو داده شد. آرد چوب شستشو داده شده به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه و سپس در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا خشک شود. به این ترتیب آرد چوب پیش تیمار شده و برای تیمار با اسید استیک و بنزیل کلراید آماده گردید.

#### تیمار آرد چوب با اسید استیک

ابتدا محلول اسید استیک گلاسیال با غلظت ۵۵٪ تهیه شده بخشی از آرد چوب پیش تیمار شده در داخل اسید استیک به مدت ۱ ساعت غوطه ور شده بعد از ۱ ساعت آرد چوب زه کشی شده و در فویل آلومینیمی قرار داده شدند و سپس به مدت ۵ ساعت در داخل آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. بعد از ۵ ساعت نمونه ها از آون خارج و پس از خشک شدن با آب مقطر شستشو شدند. نمونه ها در داخل آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و پس از خشک شدن در داخل کیسه های پلاستیکی قرار داده شدند.

داخل قالب شلیک می‌شوند تا نمونه‌های لازم برای آزمایشات جذب آب، حاصل شود. دمای سیلندر تزریق  $175^{\circ}\text{C}$ ،  $180^{\circ}\text{C}$  و  $185^{\circ}\text{C}$  و فشار تزریق  $10\text{ bar}$  در نظر گرفته شد و زمان تزریق  $70$  ثانیه تعیین شد. نمونه‌های تولید شده به مدت دو هفته در دمای  $25$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی  $65$  درصد نگهداری شدند تا به تعادل برسند.

باشد، استفاده گردید. برای حذف رطوبت گرانول‌ها و آماده‌سازی آنها برای عملیات تزریق گرانول‌ها به مدت  $24$  ساعت در خشک کن با دمای  $80$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. برای ساخت نمونه‌های چوب پلاستیک از دستگاه قالبگیری تزریقی نیمه صنعتی مدل Em80 ساخت شرکت اصلانیان که در پژوهشگاه پلیمرپتروشیمی ایران موجود می‌باشد استفاده گردید. در این دستگاه گرانول‌ها ابتدا ذوب شده و بعد با فشار زیاد به

جدول ۱. تیمارهای مربوط به نمونه‌های آزمونی

کد تیمار	نوع تیمار	مقدار نانورس (phc)	آرد چوب (%)	پلی پروپیلن (%)
۱-۱	بدون تیمار (شاهد)	۰	۶۰	۴۰
۱-۲	بدون تیمار (شاهد)	۱	۶۰	۴۰
۱-۳	بدون تیمار (شاهد)	۳	۶۰	۴۰
۱-۴	بدون تیمار (شاهد)	۵	۶۰	۴۰
۲-۱	تیمار با اسید استیک	۰	۶۰	۴۰
۲-۲	تیمار با اسید استیک	۱	۶۰	۴۰
۲-۳	تیمار با اسید استیک	۳	۶۰	۴۰
۲-۴	تیمار با اسید استیک	۵	۶۰	۴۰
۳-۱	تیمار با بنزیل کلراید	۰	۶۰	۴۰
۳-۲	تیمار با بنزیل کلراید	۱	۶۰	۴۰
۳-۳	تیمار با بنزیل کلراید	۳	۶۰	۴۰
۳-۴	تیمار با بنزیل کلراید	۵	۶۰	۴۰

آن هر  $24$  ساعت یکبار وزن نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی با دقت  $0/001\text{gr}$  و ضخامت نمونه‌ها توسط میکرومتر با دقت  $0/01\text{mm}$  اندازه‌گیری گردید و میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها پس از یک هفته غوطه‌وری مطابق با فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$$Wa(t) = \frac{Wt - Wo}{Wo} \times 100$$

### آزمون رفتار هیگروسکوپیک

در این آزمایش طبق استاندارد ASTM D-7031 با استفاده از نمونه‌های  $20\text{mm} \times 10\text{mm} \times 4\text{mm}$  میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت محاسبه گردید.

نمونه‌ها در مجموع یک هفته در داخل آب با دمای  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  غوطه‌ور بودند. در طول دوره غوطه‌وری در  $2$  ساعت اول غوطه‌وری و پس از

هلند در دمای اتاق طیف نگاری شده که در آن MA آمپر، KV ولتاژ و  $\lambda$  طول موج تابش بوده و با توجه به پیک بدست آمده فضای بین صفحات نانو رس توسط فرمول براگ محاسبه می‌گردد. در این فرمول  $d$  فضای بین صفحات،  $n$  عدد ثابت ۱،  $\lambda$  طول موج تابش و  $\theta$  زاویه تابش می‌باشد.

$$\text{فرمول براگ} \Rightarrow d_{00n} = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta}$$

به منظور بررسی تاثیر مستقل و متقابل پارامترها، تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمون‌های جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل انجام شد و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی داده به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ صورت گرفت.

## نتایج

### طیف سنجی مادون قرمز (FTIR):

جهت اطمینان از انجام اصلاح شیمیایی ترکیبات لیگنوسلولزی از طیف جذب FTIR استفاده گردید (شکل‌های ۱ و ۲ و ۳): نتایج نشان داد که با به‌کارگیری ترکیبات شیمیایی مختلف میزان جذب گروه هیدروکسیل در باند جذبی  $3420-3425 \text{ cm}^{-1}$  تغییر یافته است که می‌نشان دهنده انجام اصلاح شیمیایی الیاف سلولزی است. البته پیک ایجاد شده در محدوده  $2300 \text{ cm}^{-1}$  تا  $2400$  مربوط به رطوبت در نمونه‌ها است.

با انجام تیمار شیمیایی اسیدی و بنزینی و مقایسه آن با نمونه شاهد مشاهده می‌شود که ارتفاع پیک در محدوده  $3420 \text{ cm}^{-1}$  تا  $3425$  کاهش یافته ولی پهنای آن افزایش یافته که

$$W_a(t) = \text{مقدار جذب آب در زمان } t \quad (\text{درصد})$$

$$W_t = \text{وزن نمونه‌ها در زمان } t \text{ (گرم)}$$

$$W_0 = \text{وزن خشک نمونه قبل از غوطه‌وری} \quad (\text{گرم})$$

$$TS(t) = \frac{Tt - T_0}{T_0} \times 100$$

$$TS(t) = \text{واکنش‌دهی ضخامت در زمان } t \quad (\text{درصد})$$

$$Tt = \text{ضخامت نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری} \quad (\text{میلی‌متر})$$

$$T_0 = \text{ضخامت نمونه‌ها در حال خشک} \quad (\text{میلی‌متر})$$

### طیف جذب FT-IR<sup>۱</sup>

جهت اطمینان از انجام اصلاح شیمیایی ترکیبات لیگنوسلولزی نمونه‌های آرد چوب تیمار نشده و آرد چوب تیمار شده با اسید استیک و آرد چوب تیمار شده با بنزین کلراید بوسیله دستگاه طیف سنجی مادون قرمز ساخت شرکت RAYLEIGH کشور چین مدل WQF-510 با محدوده طیفی  $400$  الی  $4400 \text{ cm}^{-1}$  مورد ارزیابی قرار گرفتند.

### ریخت شناسی

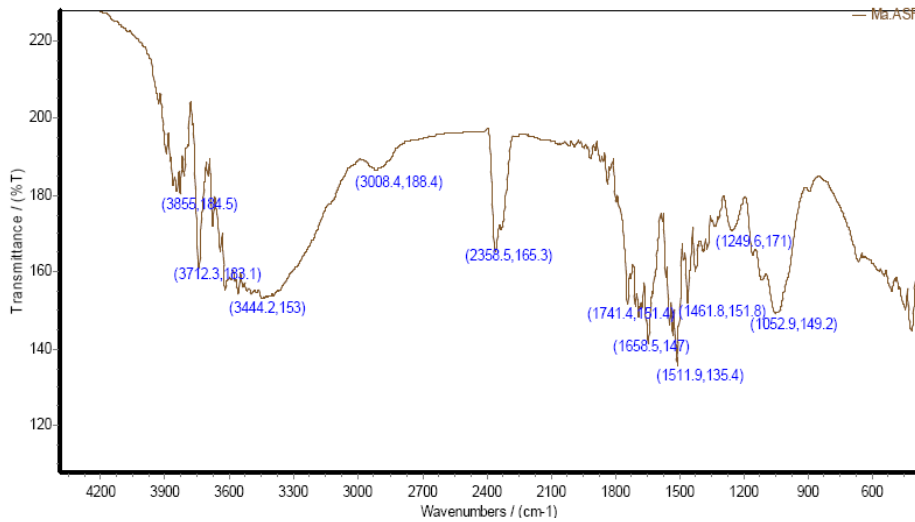
برای بررسی چگونگی پراکنده شدن ذرات نانو رس در ماتریس پلیمری از هر سری تیمار آزمون‌های یک نمونه توسط دستگاه XRD<sup>۲</sup> با مشخصات تابش ( $\lambda=1/54$ ,  $KV=50$ ,  $MA=20$ ) با تیوب مس و اندازه گام ۰.۲٪ درجه برثانیه با نام تجاری Philips مدل xpert MPP ساخت کشور

<sup>۱</sup>- Fourier Transform Infrared

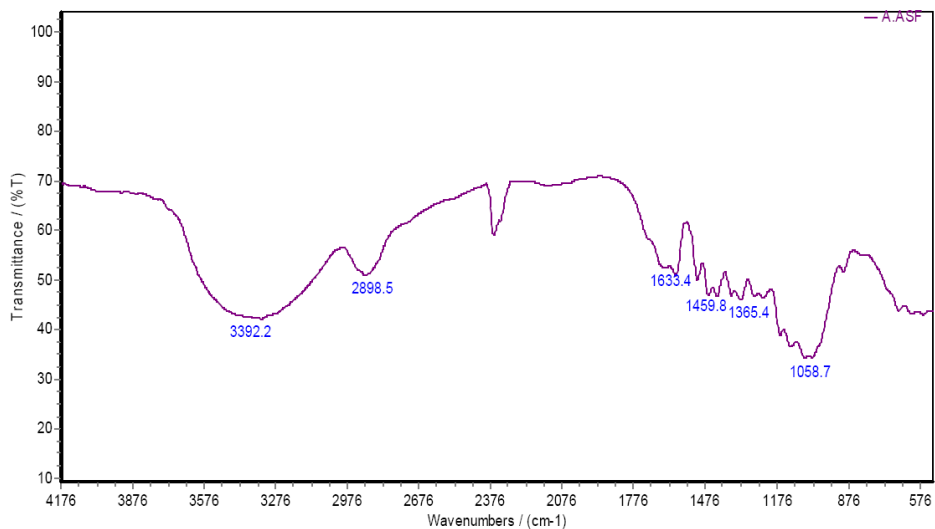
<sup>۲</sup>- X-ray diffraction

ایجاد شده در این ناحیه می‌تواند مربوط به گروه کربوکسیلیک اسید یا استر حاصل از خروج همی سلولز و جایگزین شدن گروه‌های اسیدی و بنزیلی با گروه OH باشد.

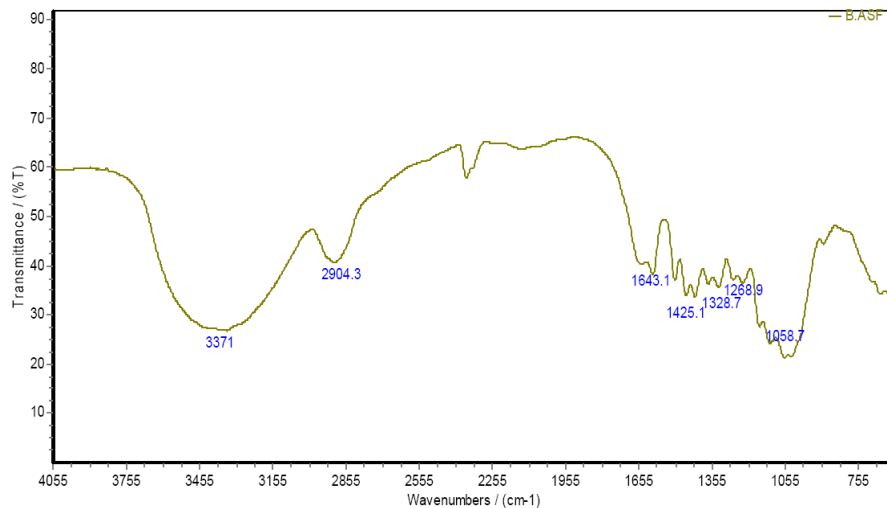
احتمالاً نشان دهنده در دسترس قرار گرفتن گروه‌های هیدروکسیل در الیاف می‌باشد. در نمونه‌های بدون تیمار در ناحیه  $1740 \text{ cm}^{-1}$  پیک تیزی مشاهده می‌شود که با انجام تیمار اسیدی و بنزیلی شدت آن کاهش یافته است. در واقع پیک



شکل ۱- طیف FTIR مربوط به نمونه‌های شاهد



شکل ۲- طیف FTIR مربوط به نمونه‌های تیمار شده با استیک اسید



شکل ۳- طیف FTIR مربوط به نمونه‌های تیمار شده با بنزیل کلراید

### مطالعه ریخت شناسی

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با انجام اصلاح شیمیایی آرد چوب فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی ذرات نانورس در ماتریس پلیمری افزایش یافته‌است. به نحوی که با انجام تیمار اسیدی و بنزیلی، زاویه پیک تفرق اشعه ایکس در نانوکامپوزیت تغییر کرده و به سمت زوایای کوچکتر حرکت کرده و به تبع آن فاصله بین لایه‌ها افزایش یافته‌است. از طرفی اصلاح

شیمیایی آرد چوب با اسید استیک در مقایسه با بنزیل کلراید فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی افزایش بیشتری را نشان داد. همچنین ساختار تشکیل شده ذرات رس در ماتریس پلیمری از نوع بین‌لایه‌ای (Intercalation) می‌باشد، زیرا زاویه پیک تفرق اشعه ایکس مربوط به ناحیه بلوری نانورس کاملاً از بین نرفته و فقط به سمت زوایای کوچکتر کاهش یافته‌است.

جدول ۲- اثر نوع تیمار شیمیایی بر کیفیت پراکنش لایه‌های سیلیکاتی در چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

نوع تیمار شیمیایی	زاویه پیک ایجاد شده (درجه)	فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی (نانومتر)
بدون تیمار	۲/۷۶	۳۱/۹۸
تیمار اسیدی	۲/۶۲	۳۳/۶۹
تیمار بنزیل کلراید	۲/۶۸	۳۲/۹۴

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانورس از ۰ به ۱ phc، فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی افزایش یافته و سپس با افزایش مقدار نانورس تا ۵ phc فاصله بین لایه‌ها

کاهش می‌یابد. به نحوی که با افزایش مقدار نانورس تا ۱ phc، زاویه پیک تفرق اشعه ایکس در نانوکامپوزیت تغییر کرده و به سمت زوایای کوچکتر حرکت کرده و به تبع آن فاصله بین



لایه‌ها افزایش یافته است، در حالی که با افزایش مقدار نانورس تا ۵ phc، زاویه پیک ایجاد شده افزایش یافته و در نتیجه فاصله بین لایه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین ساختار تشکیل شده ذرات رس در ماتریس پلیمری از نوع بین‌لایه‌ای

(Intercalation) می‌باشد، زیرا زاویه پیک تفرق اشعه ایکس مربوط به ناحیه بلوری نانورس کاملاً از بین نرفته و فقط به سمت زوایای کوچکتر کاهش یافته است.

جدول ۳- اثر مقدار نانورس بر کیفیت پراکنش لایه‌های سیلیکاتی در چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

مقدار نانورس (phc)	زاویه پیک ایجاد شده (درجه)	فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی (نانومتر)
۰ (خاک رس خالص)	۲/۸۰	۳۱/۵
۱	۲/۶۴	۳۳/۴۳
۳	۲/۷۲	۳۲/۴۵
۵	۲/۷۴	۳۲/۲۱

**جذب آب** مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته‌اند (جدول ۴).

نتایج مربوط به اندازه‌گیری میزان جذب آب نمونه‌های چند سازه حاصل پس از یک هفته (۱۶۸ ساعت) غوطه‌وری در آب در دمای اتاق

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر جذب آب چندسازه

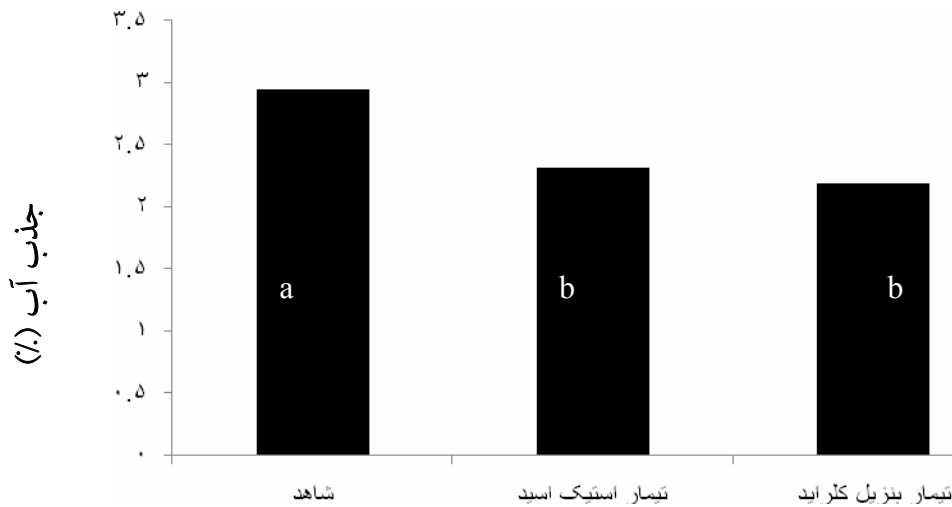
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
نوع تیمار شیمیایی	۴/۰۲۳	۲	۲/۰۱۲	۴/۴۹۸	۰/۰۲۲
مقدار نانورس	۸/۱۵۲	۳	۲/۷۱۷	۶/۰۷۵	۰/۰۰۳
نوع تیمار شیمیایی × مقدار نانورس	۲/۱۰۶	۶	۰/۳۵۱	۰/۷۸۵	۰/۵۹۰
خطا	۱۰/۷۳۵	۲۴	۰/۴۴۷		
کل	۲۴۶/۸۱۲	۳۶			

**الف. اثر مستقل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر جذب آب :** همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس ۴ مشاهده می‌شود اثر مستقل اعمال تیمار شیمیایی

پرکننده آرد چوب بر میزان جذب آب چند سازه- آرد چوب/ پلی‌پروپیلن معنی‌دار شده است. این اثر در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق شکل اعمال تیمار شیمیایی بنزیل کلراید و اسیداستیک

با بنزیل کلراید و اسید استیک در یک گروه قرار گرفته‌اند.

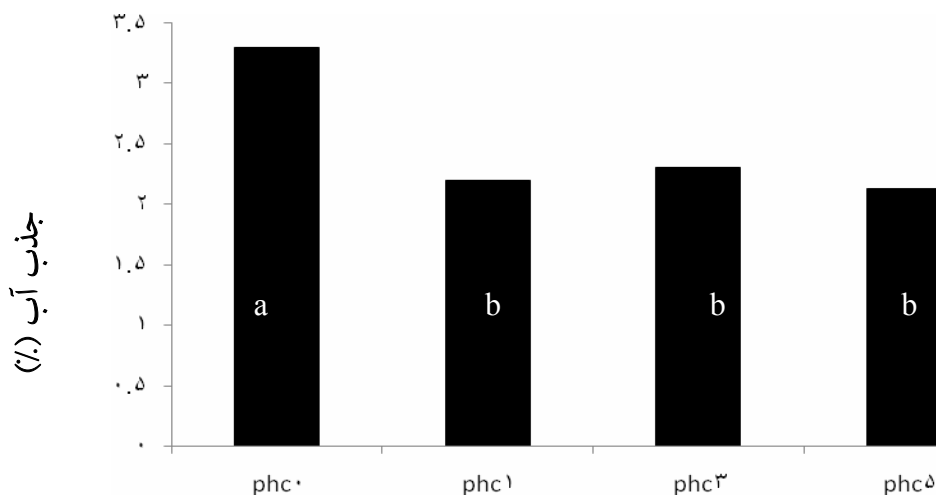
بر پرکننده آرد چوب سبب اصلاح ویژگی جذب آب در چند سازه گردیده‌است. مقایسه میانگین-های دانکن نیز نشان داد که نمونه‌های تیمار شده



شکل ۴. اثر مستقل نوع تیمار شیمیایی بر جذب آب

استفاده از مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصدی نانورس در یک گروه قرار گرفته‌اند و در مجموع کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند و سبب کاهش میزان جذب آب شده‌اند (شکل ۵).

مطابق جدول تجزیه واریانس اثر مستقل مقدار نانورس بر میزان جذب آب نمونه‌های چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن نیز معنی‌دار شده است (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان جذب آب چند سازه‌ها در شرایط

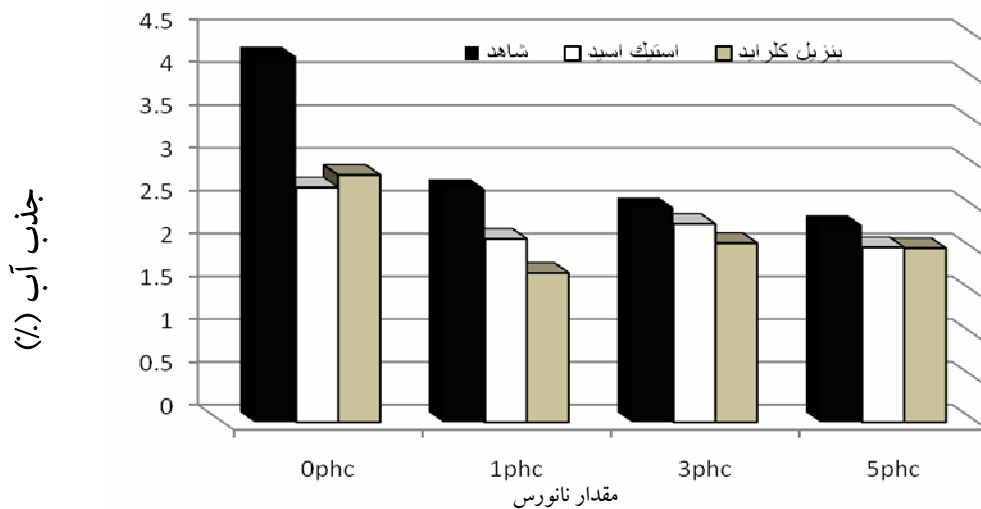


شکل ۵. اثر مستقل مقدار نانورس بر جذب آب

است. اگرچه طبق آنچه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود کمترین میزان جذب آب مربوط به نمونه‌های چند سازه آرد چوب/ پلی‌پروپیلنی است که در آنها آرد چوب توسط بنزین کلراید تیمار شده و حاوی ۱Phc نانو رس می‌باشند.

### ب. اثر متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر جذب آب:

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس ۴ مشاهده می‌شود اثر متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانو رس بر میزان جذب آب نمونه‌های چند سازه آرد چوب/ پلی‌پروپیلن معنی‌دار نشده



### ۶. اثر متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر جذب آب

اتاق مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته‌اند (جدول ۵).

### واکشیدگی ضخامت

نتایج مربوط به اندازه‌گیری واکشیدگی ضخامت نمونه‌های چند سازه حاصل پس از یک هفته (۱۶۸ ساعت) غوطه‌وری در آب در دمای

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر واکشیدگی ضخامت چندسازه

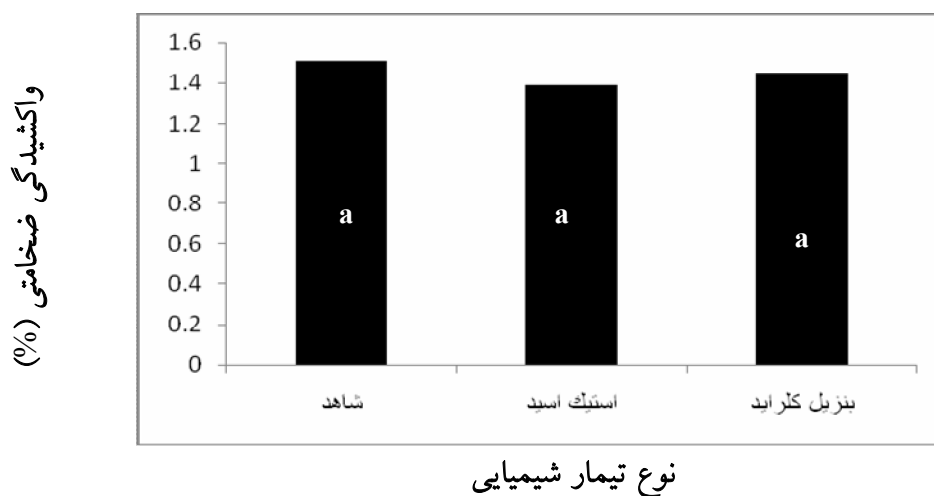
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
نوع تیمار شیمیایی	۰/۹۱	۲	۰/۰۴۶	۰/۲۷۱	۰/۷۶۵
مقدار نانو رس	۲/۴۱۰	۳	۰/۸۰۳	۴/۷۵۹	۰/۰۱۰
نوع تیمار شیمیایی × مقدار نانورس	۰/۲۱۵	۶	۰/۰۳۶	۰/۲۱۳	۰/۹۶۹
خطا	۴/۰۵۱	۲۴	۰/۱۶۹		
کل	۸۲/۳۳۲	۳۶			

میانگین‌های دانکن نیز نشان داد که نمونه‌های تیمار شده با اسید استیک، بنزیل کلراید و نمونه‌های تیمار نشده (شاهد) هر سه با هم در یک گروه واقع شده‌اند (شکل ۷).

#### الف. اثر مستقل نوع تیمار شیمیایی و

#### مقدار نانورس بر واکشدگی ضخامت

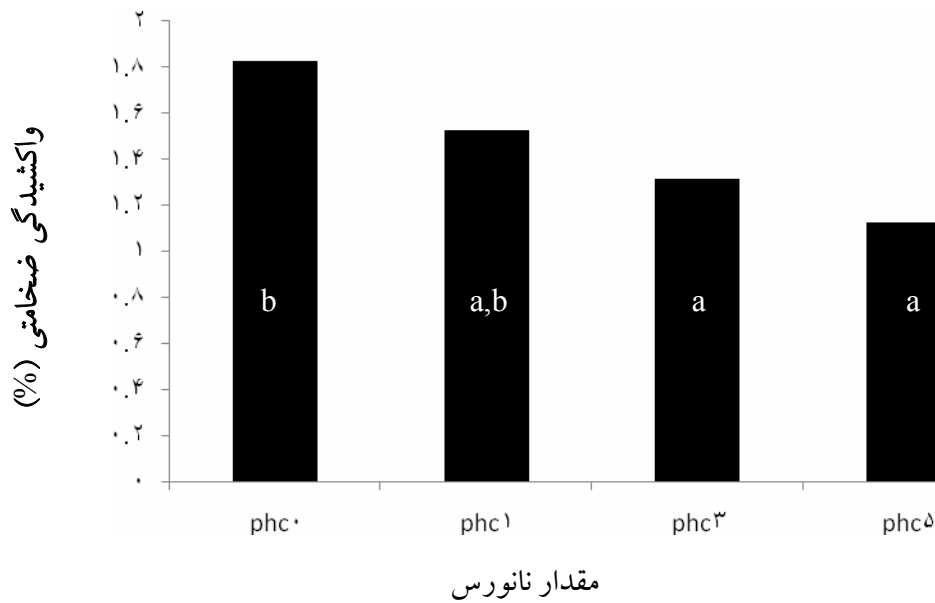
همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود اثر مستقل اعمال تیمار شیمیایی پرکننده آرد چوب بر واکشدگی ضخامت چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن معنی‌دار نشده است. مقایسه



شکل ۷. اثر مستقل نوع تیمار شیمیایی بر واکشدگی ضخامت

گرفته‌اند و در شرایط عدم استفاده از نانورس در گروهی مجزا قرار گرفته است.

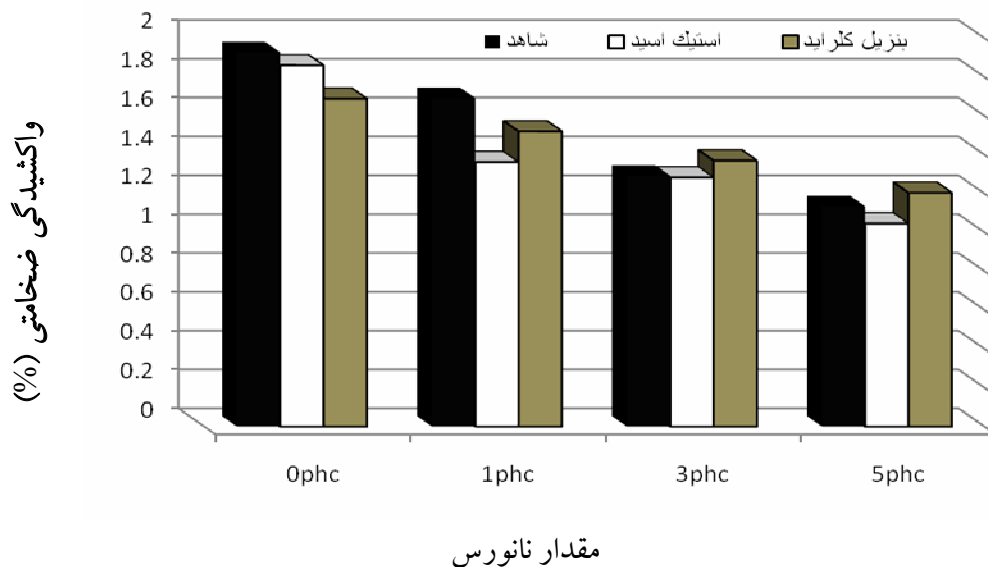
طبق نتایج اثر مستقل مقدار نانورس بر واکشدگی ضخامت نمونه‌های چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن معنی‌دار شده است (جدول ۵). همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود واکشدگی ضخامت چند سازه‌ها در شرایط استفاده ۵ درصدی از نانورس کمترین میزان واکشدگی ضخامت را دارا هستند، همچنین مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که واکشدگی ضخامت چند سازه‌ها در شرایط استفاده ۱، ۳ و ۵ درصدی از نانورس با هم در یک گروه قرار



شکل ۸. اثر مستقل مقدار نانورس بر واکسیدگی ضخامتی

است. اگرچه طبق مشاهدات کمترین میزان واکسیدگی ضخامتی مربوط به نمونه‌های چند سازه آرد چوب/ پلی پروپیلنی است که در آنها آرد چوب توسط اسید استیک تیمار شده و حاوی ۵Phc نانورس می‌باشند (شکل ۹).

ب. اثر متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر واکسیدگی ضخامتی همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس ۵ مشاهده می‌شود اثر متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر واکسیدگی ضخامتی نمونه‌های چند سازه آرد چوب/ پلی پروپیلن معنی‌دار نشده



شکل ۹. اثر متقابل نوع تیمار شیمیایی و مقدار نانورس بر واکسیدگی ضخامتی

## بحث و نتیجه گیری

### الف) اثر تیمار شیمیایی بر جذب آب

#### و واکنشیدگی ضخامت

نتایج نشان داد که تیمار شیمیایی آرد چوب توسط اسید استیک و بنزیل کلراید سبب بهبود ویژگی جذب آب چند سازه می شود. در تیمار بنزیلاسیون، نفوذ گروه بنزیل ( $C_6H_5C=O$ ) در الیاف چوب باعث کاهش طبیعت آبدوستی الیاف می شود (جوزف و همکاران، ۲۰۰۰) [۷]. همچنین لی و همکاران (۲۰۰۷) نیز عنوان کردند که در تیمار بنزیلاسیون، چسبندگی ما بین الیاف طبیعی و ماتریکس در چند سازه بهبود می یابد و در نتیجه افزایش قابل توجهی در مقاومت های چند سازه ایجاد می گردد و جذب آب چند سازه نیز کاهش می یابد. همچنین در تیمار آرد چوب با اسید استیک گروه های آبگریز استیل جایگزین گروه های آبدوست هیدروکسیل در بسپارهای دیواره سلولی مواد لیگنوسلولزی می گردند که در نتیجه با از دست رفتن این گروه های هیدروکسیل، عملاً جایگاه های فعال واکنش های این بسپارها در هنگام جذب آب از بین می رود که به تناسب شدت استیله کردن و استقرار گروه های آب گریز استیلن به جای گروه های هیدروکسیلی میزان جذب آب نیز کمتر می گردد. نتایج مربوط به طیف سنجی FTIR نیز نشان داد به کارگیری مواد شیمیایی جهت تیمار آرد چوب، میزان جذب گروه هیدروکسیل در باند جذبی  $3420-3425\text{ cm}^{-1}$  کاهش داده است که نشان دهنده انجام اصلاح شیمیایی الیاف سلولزی است. تیمار بنزویلی باعث افزایش ارتفاع پیک در محدوده  $1731-1733\text{ cm}^{-1}$  گردیده که می تواند نشان دهنده تشکیل پیوندهای استری در اثر اضافه شدن بنزویل باشد. با انجام تیمارهای شیمیایی

شدت و ارتفاع پیک گروه هیدروکسیل در محدوده  $3420-3425\text{ cm}^{-1}$  کاهش یافته که این پدیده نیز می تواند دلیل بر خروج گروه های هیدروکسیل از ترکیب باشد.

### ب) اثر مقدار نانورس بر جذب آب

#### و واکنشیدگی ضخامت

طبق نتایج استفاده از مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصدی نانورس باعث کاهش میزان جذب آب در چند سازه ها گردیده است.

نانو ذرات رس، ذرات کوچکی هستند که در نانو چند سازه ها فاصله ها و شکاف های ریز (microgaps) بین الیاف و پلیمر را پر کرده و مانع نفوذ آب در این مواد می شوند و از واکنشیدگی ضخامتی این چند سازه ها جلوگیری می کنند.

کرد (۱۳۸۸) [۳]، در ارتباط با ویژگی نفوذناپذیری نانو ذرات رس که مانع از نفوذ آب به زمینه پلیمری می گردد سه مکانیزم مختلف تعریف می کند. مکانیزم اول مرتبط با طبیعت آب گریز سطح رس می باشد که این ویژگی موجب غیرفعال شدن رطوبت می شود. مکانیزم دوم مرتبط به این ویژگی است که لایه های سیلیکاتی ذرات رس به دلیل داشتن ضریب ظاهری بالا، باعث طولانی تر و پرپیچ و خشم شدن مسیر عبور مولکول ها در زمینه پلیمری می شوند که این امر موجب به تعویق انداختن نفوذ آب به داخل چند سازه می شود. مکانیزم سوم نیز بر این موضوع دلالت دارد که نانو ذرات رس به علت داشتن خاصیت جوانه زنی (Nucleating Agent) موجب تشکیل ساختار بلوری در چند سازه می شوند که این امر نیز به نوبه خود باعث کاهش روند جذب آب می شود.

## منابع

4-A.K. Bledzki And J. Gassan , Prog. Polym. Sci., 24,221 (1999).

5-B. Wang, S. Panigraphi , L. Tabil , And W. Crerar , Effect Of Chemical Treatments On Mechanical And Physical Properties Of Flax Fiber - Reinforced Rotationally Molded Composites, In ASAE Annual Meeting , Paper No 046083 (2004).

6- Ghasemi, I., And Kord, B, 2009. Long- Term Water Absorption Behavior Of Polypropylene / Wood Flour/ Organo Clay Hybrid Nanocomposite, Iranian Polymer Journal, 18(9): 683-691.

7-K. Joseph, L. H.C. Mattoso, Toledo, S. Thomas , L. H. De Carvlho , L. Pothen ,S.Kala, And B. James , Natural Fiber Reinforcedthermoplastic Compositoites In Natural Polymers And Agrofibers Composites, E. Frollini, A.L. Leao, And L.H.C. Mattoso , Eds., San Carls , Brazil , Embrapa, Usp- Iqsc, Unesp, 159 (2000).

8-Shakeri, A., And Ghasemian, A., 2010. Water Absorption And Thickness Swelling Behavior Of Polypropylene Reinforced With Hybris Recycled Newspaper And Glass Fiber . Applied Composite Materials, 17(2), 183-193.

9-Wu, Q., Lei , Y., Clemons, C. M., Yao, F., Xu, Y. And Lian , K., Properties Of HDPE / Clay / Wood Nano Composites , J. Of Plastic Technology . Vol. 27 No.2 (2007) 108-115.

۱- ارومیه‌ای، ع، جعفرزاده، ف، ۱۳۸۷.

کامپوزیت پلاستیک - چوب، انجمن پلیمر ایران، تهران: ص. ۱۰۲.

۲- عنایتی، ع، ۱۳۸۶. فیزیک چوب. دانشگاه

تهران. تهران. ص ۲۹۳.

۳- کرد، ب. ۱۳۸۸. استفاده از ذرات نانورس

در بهبود خواص کاربردی کامپوزیت چوب -

پلاستیک مجله مواد مهندسی، ۱(۴) : ۳۶۹-۳۷۷.

