

بررسی تاثیر نانورس بر جذب آب و واكشیدگی ضخامت در کامپوزیت فوم شده آردچوب/پلی اتیلن سنگین/نانورس

علی ورشوئی تبریزی¹، وحید چمانی²، بهزاد کرد³

تاریخ دریافت: 89/9/3 تاریخ پذیرش: 90/3/11

چکیده

در این مطالعه به بررسی تاثیر مقادیر مختلف نانورس بر میزان جذب آب و واكشیدگی ضخامت در فوم نانو کامپوزیت چوب پلاستیک حاصل از پلی اتیلن سنگین و آرد چوب راش و نانورس مونت موریلونیت پرداخته شده است. آزمون های جذب آب و تعیین واكشیدگی ضخامت بر روی نمونه های ساخته شده به روش تزریق، پس از 24 ساعت غوطه وری در آب با دمای 20 درجه سانتی گراد و 2 ساعت در آب با دمای 100 درجه سانتی گراد، انجام گردید. همچنین چگونگی پراکنش نانورس در ماتریس پلیمری به کمک پراش اشعه ایکس با زاویه کم، و ریخت شناسی فوم حاصله توسط تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی تعیین شدند. نتایج حاکی از آن بودند که افزایش مقادیر کم نانورس، پس از 2 ساعت غوطه وری، باعث افزایش جذب آب و واكشیدگی ضخامت شده در حالی که پس از 24 ساعت غوطه وری، باعث کاهش جذب آب و واكشیدگی ضخامت می گردد. بررسی اثر متقابل عامل کف زا و نانورس نشان دهنده کاهش جذب آب و واكشیدگی ضخامت با افزایش میزان نانورس در فوم نانو کامپوزیت چوب پلاستیک می باشد.

واژه های کلیدی: نانورس، پلی اتیلن سنگین، آردچوب، واكشیدگی ضخامت، کامپوزیت فوم شده

1- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، دانشکده کشاورزی، گروه صنایع چوب و کاغذ

2- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، نویسنده مسؤل

cgavahid@ gmail.com

3- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، دانشکده کشاورزی، گروه صنایع چوب و کاغذ

مقدمه

نشد. با این وجود نتایج سوابق تحقیق موجود نشان دهنده افزایش جذب آب با افزایش میزان آرد چوب است و افزودن عوامل جفت کننده سبب کاهش گروه‌های آبدوست آزاد در آرد چوب و در نتیجه کاهش جذب آب می‌گردد (18 و 22 و 24).

نتایج برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که افزودن نانورس به ماتریس چوب پلیمر، سبب کاهش جذب آب بلند مدت در نانو کامپوزیت می‌گردد (2 و 5). همچنین اگر نانورس به خوبی در پلیمر مخلوط شود می‌تواند با بستن گروه‌های آبدوست آرد چوب به کاهش جذب آب کمک نماید (10 و 11). در فوم‌های چوب پلاستیک نیز وجود ساختار منظم حفرات سلولی و وجود حفرات بسته و پرفشار می‌تواند با راندن پلیمر به سطح کامپوزیت، باعث کاهش گروه‌های آبدوست در سطح شده و در نتیجه منجر به کاهش جذب آب در کامپوزیت گردد (21). با توجه به این نتایج تحقیق حاضر جهت بررسی تاثیر مقادیر مختلف نانورس بر رفتار جذب آب فوم نانو کامپوزیتی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

در این پژوهش از پلی اتیلن سنگین خریداری شده از پتروشیمی مارون، با نام تجاری "I3" (MFI 23 g/10min) به عنوان ماده زمینه و از آرد چوب راش تهیه شده از شمال ایران که پس از تراشه‌گیری و تبدیل به آرد چوب به کمک آسیاب دورانی، با گذراندن شدن از مش 60، با اندازه ذرات 100 تا 150 میکرومتر دانه‌بندی گردید، به-

کامپوزیت چوب پلاستیک حاصل از اختلاط چوب و پلیمر که نسبتاً به تازگی به بازار معرفی شده‌اند، دارای مزایا و کاربردهای فراوانی می‌باشد (1 و 3 و 6). در سال‌های اخیر، طبقه‌ی جدیدی از مواد تحت عنوان فوم‌های پلیمری معرفی شده‌اند که به علت مزایایی چون وزن سبکتر و برخی مقاومت‌های مکانیکی برتر، مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند (15 و 16 و 23). همچنین خواص مطلوب و منحصر به فرد نانوذرات باعث گردیده تا تقویت کننده‌هایی با ابعاد نانو، به علت بهبود شگرف مقاومت‌های مکانیکی و ایجاد خواص- فیزیکی مطلوب، از جایگاه ویژه‌ای در صنعت مواد مرکب برخوردار گردد. با توجه به مطالب یاد- شده، استفاده از مزایای این دو نوآوری در صنعت ساخت کامپوزیت‌های چوب پلاستیک، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (5 و 7 و 9 و 13). از جمله کاربردهای اصلی مصنوعات چوب پلاستیک، استفاده جهت نرده و قاب پنجره و دیگر وسایل خارج از ساختمان است؛ از این رو، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت از مهمترین خصوصیاتی می‌باشد که باید مورد بررسی قرار- گیرند (6 و 8). تحقیقات زیادی در راستای بررسی میزان جذب آب در چوب پلاستیک‌ها صورت پذیرفته ولی مقالاتی که در آنها جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در فوم‌های چوب/پلاستیک مورد بررسی قرار گرفته باشند بسیار نادرند (17 و 22). در خصوص نانو کامپوزیت‌های فوم شده چوب پلاستیک هم با وجود مرور متون گسترده، سابقه تحقیقی یافت

"southern clay" آمریکا تهیه گردید؛ همچنین از مالئیک انیدرید جفت شده با پلی اتیلن (MMPE)، به عنوان عامل جفت کننده استفاده شد. مشخصات فنی مواد اولیه مصرفی، در جداول 1 تا 3 ارایه شده اند.

عنوان پرکننده سلولوزی استفاده شد. عامل کف- زای مورد استفاده آزودی کربونامید تهیه شده از شرکت "Wing Chu" چین، با دمای تجزیه 200 تا 220 درجه سانتی گراد بود که به کمک کاتالیزور اکسید روی، اصلاح شده و دمای تجزیه آن به 140 تا 160 درجه سانتی گراد، رسانده شد. نانورس مصرفی از نوع کلوئوزیت 15A (2M2HT اصلاح کننده) بود که از شرکت

جدول 1- مشخصات فنی پلی اتیلن سنگین مصرفی

نام پلیمر	نام تجاری	تولید کننده	چگالی (gr/cm ³)	نقطه ذوب (°C)	شاخص جریان مذاب (g/10min)
پلی اتیلن سنگین	I3	پتروشیمی مارون	0/965	150	23

جدول 2- مشخصات فنی عامل کف زای آزودی کربون آمید

مشخصات ظاهری	پودر نرم زرد رنگ
دمای تجزیه	200 °C
میزان تولید گاز	180ccg
ترکیب گاز های تولیدی	N ₂ , CO ₂ , NH ₃ , CO
وزن مخصوص	2.0
دانسیته حجمی	240 kg/m ³
اندازه ذرات	در انحصار مالک

جدول 3- مشخصات فنی نانورس مونت مورلونیت

مشخصات	اصلاح کننده آلی	اصلاح کننده غلظت	رطوبت (%)	کاهش وزن سوختگی (%)
کلوئوزیت 15A	2M2HT	125mg/100g clay	< 2	43

برای ساخت در کیسه های در بسته به آزمایشگاه پژوهشکده پتروشیمی ایران منتقل شدند. عوامل ثابت این پژوهش آرد چوب به میزان 50% و پلیمر به میزان 50% و مالئیک انیدرید گرفت شده با پلی- اتیلن به میزان 3 phr در نظر گرفته شدند.

روش ها

پس از خشک کردن آرد چوب در دمای 90 درجه سانتی گراد به مدت 24 ساعت، نمونه ها، طبق جدول شماره 4، در 16 ترکیب آماده شده و

جدول 4- تیمارهای مختلف مورد استفاده

مالیک انیدرید (phr)	پلی اتیلن سنگین (%)	آرد چوب (%)	عامل کف زا (phr)	نانورس (phr)
A	۵۰	۵۰	۰	۰
B	۵۰	۵۰	۰	۲
C	۵۰	۵۰	۰	۴
D	۵۰	۵۰	۰	۶
E	۵۰	۵۰	۰.۵	۰
F	۵۰	۵۰	۰.۵	۲
G	۵۰	۵۰	۰.۵	۴
H	۵۰	۵۰	۰.۵	۶
I	۵۰	۵۰	۱	۰
J	۵۰	۵۰	۱	۲
K	۵۰	۵۰	۱	۴
L	۵۰	۵۰	۱	۶
M	۵۰	۵۰	۱.۵	۰
N	۵۰	۵۰	۱.۵	۲
O	۵۰	۵۰	۱.۵	۴
P	۵۰	۵۰	۱.۵	۶

به مدت 24 ساعت در آب با دمای 20 درجه سانتی گراد، و دسته دوم به مدت 2 ساعت در آب با دمای 100 درجه سانتی گراد قرار داده شدند و آنگاه مجدداً توزین شده، ضخامت آنها اندازه-گیری گردید. میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت طبق استاندارد ASTM D7031-04 به-کمک فرمول های زیر محاسبه گردید :

$$WA(t) = \frac{W(t) - W_0}{W_0} \times 100$$

$$TS(t) = \frac{Th - T0}{T0} \times 100$$

نتایج حاصله به کمک نرم افزار 16 spss در طرح آزمونی فاکتوریل به کمک تجزیه واریانس چند عامله و آزمون مقایسه و دسته بندی میانگین های دانکن، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

تهیه کامپوزیت، به روش مستریج دو مرحله ای بود. به طوری که پلیمر مخلوط شده با نانورس و عامل جفت کننده در اکسترودر "برابندر" ساخت آلمان با 6 ناحیه حرارتی، در دماهای به ترتیب 140، 145، 150، 155، 160 و 165 درجه سانتی-گراد مخلوط شده و سپس گرانول های به دست آمده به وسیله اکسترودر مدل "کولین" ساخت آلمان، با 6 ناحیه حرارتی، به ترتیب در دماهای 150، 155، 165، 165، 170، 170 درجه، با آرد چوب مخلوط شده و پس از آسیاب و اختلاط فیزیکی با ماده کفزا، به کمک دستگاه قالب گیری تزریقی مدل E80 ساخت شرکت اصلانیان ایران واجد 3 ناحیه حرارتی در دماهای 160، 170 و 175 درجه، به نمونه های آزمایشی تبدیل شدند.

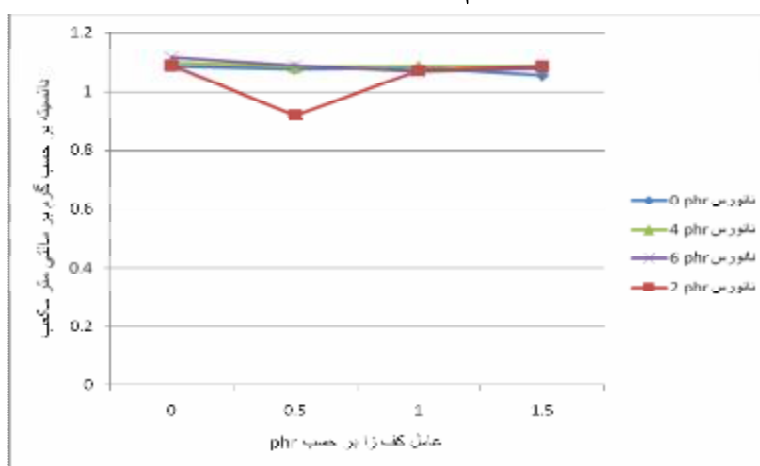
نمونه های آزمایشی به دودسته تقسیم شده و پس از اندازه گیری ضخامت و توزین، دسته اول،

نتایج

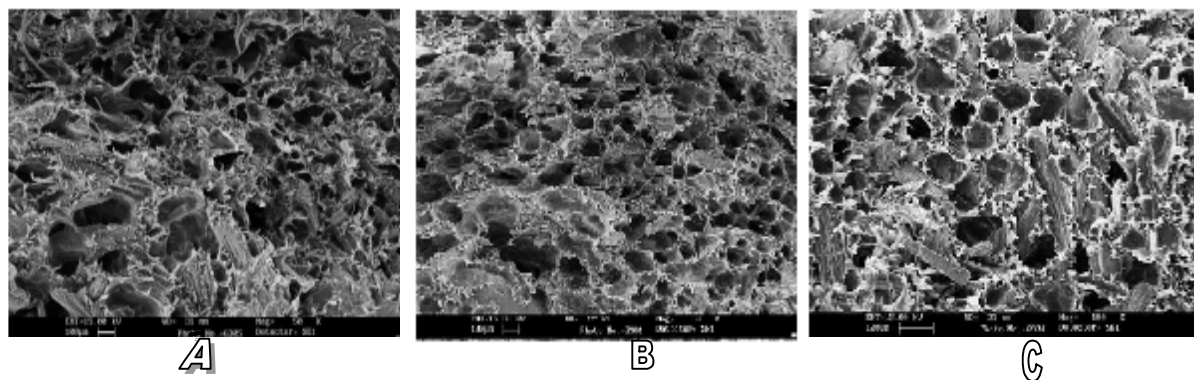
دانسیته

به طور کامل روی نداده و با وجود کاهش دانسیته، حباب‌ها در مرحله هسته‌زایی باقی مانده‌اند. با این وجود همه‌ی نمونه‌ها دارای ساختاری مناسب (حباب‌های بسته، ریز، پرفشار و همگن) هستند به همین علت در آزمون غوطه‌وری در آب داغ، درصد جذب آب کمتری نسبت به نتایج تحقیقات انجام شده بر روی نمونه‌های فوم نشده مشاهده می‌شود.

باتوجه به نتایج دانسیته (شکل 1) و تصاویر SEM تهیه شده (شکل 2)، کاهش دانسیته به علت عدم انطباق دستگاه تزریق پژوهشگره با فرآیند فومینگ، بر اثر واکنش فشار دستگاه و فشار درونی عامل کف‌زا، به استثنا نمونه‌های واجد 0/5 phr عامل کف‌زا، فرآیند فوم شدن



شکل 1- مقادیر میانگین دانسیته



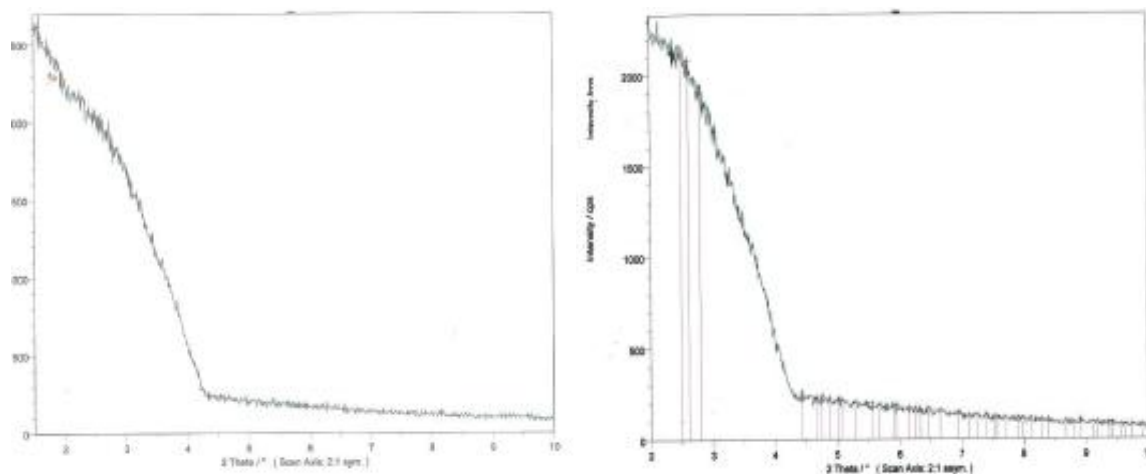
شکل 2- تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوشی نمونه‌های واجد A: 0.5 B: 1 C: 1.5 (phr) ماده کف‌زا

حاصل شده است به طوری که بیشترین میزان افزایش فاصله صفحات رسی، در نمونه‌های واجد 6 phr نانورس و 1/5 phr عامل کف‌زا، به میزان 25 درصد ثبت گردید. مقادیر پراکنش صفحات رسی در جدول (5) ارائه شده است.

پراکنش ذرات نانورس در ماده زمینه
با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون تفرق پراش اشعه ایکس (XRD)، و تحلیل نقاط اوج نمودارهای حاصله، در نمونه‌های آزمونی، ساختار پراکنش جزیی صفحات رس (intercalation)

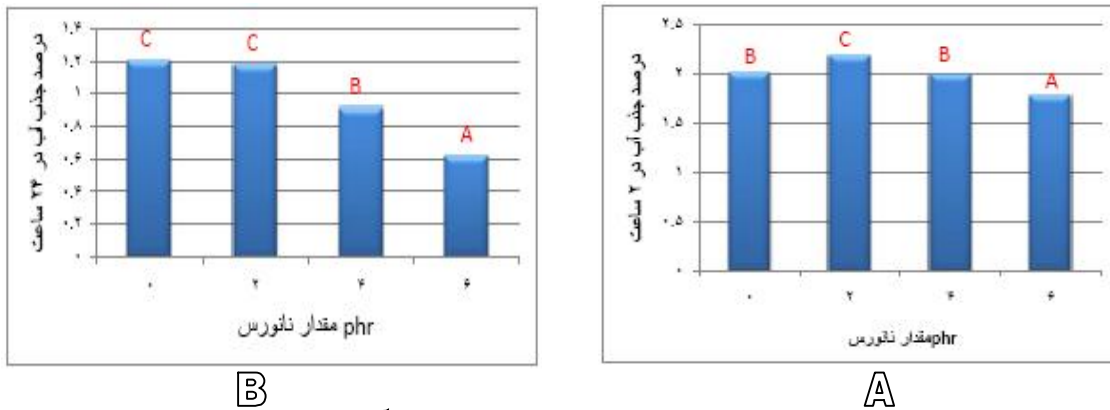
جدول 5- مقادیر زاویه 2 θ و فاصله بین صفحات سلیکاتی نانو رس در نمونه های آزمونی

treatments	contains	2θ	d spacing (Å)
Cloisite 15A		۲.۸۰	۳۱.۵۵
B	0phr ADC.2phr clay	۲.۲۳۹	۳۹.۴۸
C	0phr ADC.4 phr clay	۲.۲۳۶	۳۹.۴۸
D	0phr ADC.6 phr clay	۲.۳۳۲	۳۶.۳۲
F	0.5 phrADC.2 phrclay	۲.۳۰۳	۳۸.۴۰۳
G	0.5phr ADC.4phrclay	۲.۲۹۰	۳۸.۵۹
H	0.5phrADC.6phrclay	۲.۲۸۳	۳۸.۶۹
J	1phrADC.2phrclay	۲.۳۶۰	۳۷.۴۶
K	1phrADC.4phrclay	۲.۳۳۷	۳۷.۸۳
L	1phrADC.6phrclay	۲.۳۳۰	۳۷.۹۳
N	1.5phrADC.2phrclay	۲.۱۰۷	۴۱.۹۶
O	1.5phrADC.4phrclay	۲.۰۸۳	۴۲.۴۲
P	1.5phrADC.6phrclay	۲.۰۷۷	۴۲.۵۴

شکل ۳- افزایش زاویه 2 θ در نمونه آزمونی (B) نسبت به پودر نانو رس (A)

افزایش می‌یافت، به طوری که در نمونه‌ی واجد 0/5 phr عامل کفزا، به علت وجود حفرات بزرگتر و حفرات باز، می‌توان شاهد افزایش نسبی جذب آب بود در حالی که در نمونه‌های واجد همین میزان عامل کفزا در آب 20 درجه سانتی-گراد، جذب آب کمتری گزارش گردیده است.

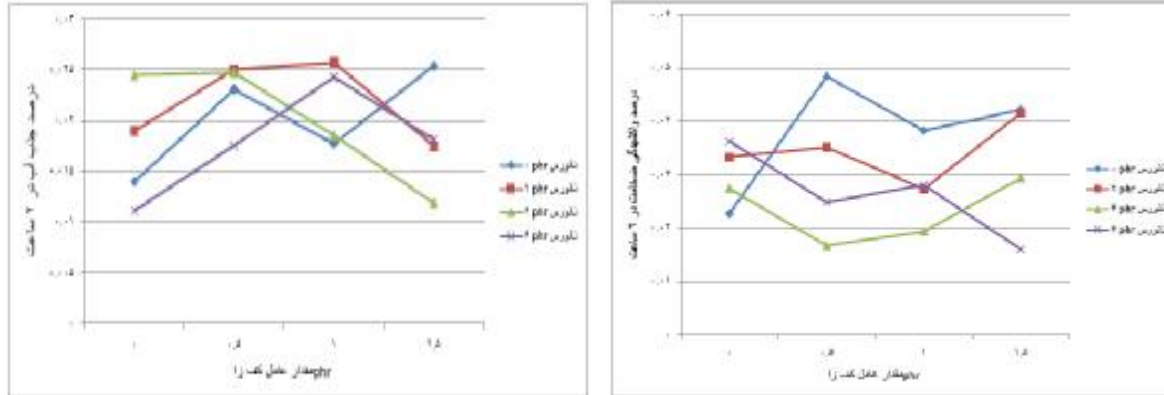
نتایج به دست آمده از آزمون‌های جذب آب پس از 2 و 24 ساعت غوطه‌وری در آب، نشان دهنده تفاوت عملکرد نانو رس و عامل کفزا تحت تاثیر حرارت آب در فوم نانو کامپوزیتی می‌باشد. عملکرد عامل کفزا در هر دو آزمون اندازه‌گیری میزان جذب آب در دمای معمولی و آب جوش، نشان دهنده‌ی افزایش جذب آب بوده به طوری که در آزمون 2 ساعت غوطه‌وری در آب جوش، با کاهش هر چه دانسیته، میزان جذب آب



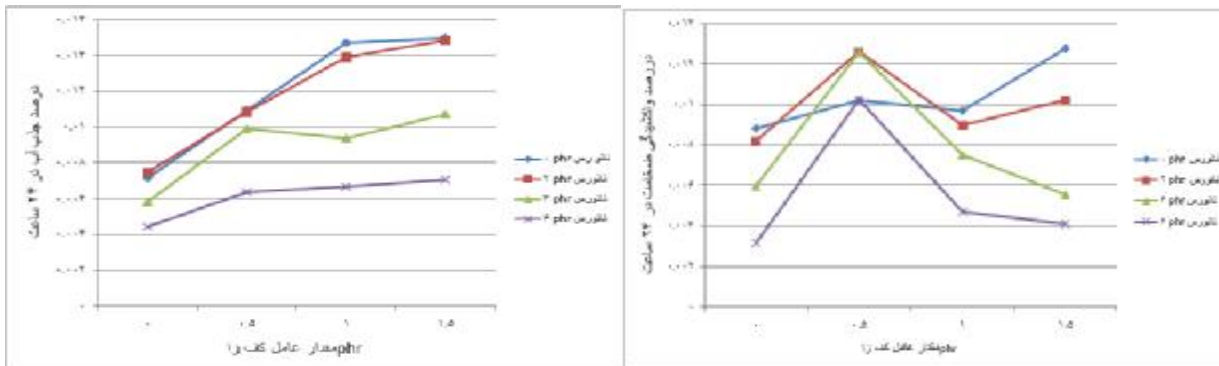
شکل 3- اثر نانورس بر درصد جذب آب.
(A): 2 ساعت غوطه وری در آب 100 درجه (B): 24 ساعت غوطه وری در آب 20 درجه

آب با افزایش میزان عامل کفزا، افزایش میزان نانورس تاثیر مثبتی در جهت کاهش میزان جذب آب داشته است. این تاثیر در آزمون جذب آب 24 ساعته مشهودتر می باشد.

همان طوری که در شکل های 4 و 5 مشاهده می شود، رابطه مشخصی بین افزایش میزان نانورس و عامل کفزا در فوم نانو کامپوزیتی با جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مشاهده می شود. لازم به ذکر است که با وجود افزایش جذب



شکل 4- تاثیر همزمان عامل کفزا و نانورس بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت پس از 2 ساعت غوطه وری



شکل 5- تاثیر همزمان عامل کفزا و نانورس بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت پس از 24 ساعت غوطه وری

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، واكشیدگی ضخامت به دو صورت بررسی شد؛ الف) غوطه‌وری به مدت 24 ساعت در آب 20 درجه سانتی‌گراد و ب) غوطه‌وری به مدت 2 ساعت در آب جوش. نتایج دو آزمون متفاوت بود که علت آن اختلاف دمای آب می‌باشد. در آزمون 24 ساعته، با افزایش میزان نانورس، از میزان جذب آب و واكشیدگی کاسته شده و با افزایش سطح عامل کفزا، این مقادیر افزایش می‌یابند. نانورس به دلیل ماهیت آب‌گریز، مانع نفوذ آب به پلیمر می‌گردد، همچنین ضریب ظاهری بالای آن سبب پیچیده شدن مسیر ورود آب می‌گردد (3، 4، 11 و 24). ولی عامل کفزا به علت ایجاد فضاهای خالی در ماتریس پلیمری، باعث آسانی نفوذ آب و افزایش واكشیدگی می‌گردد. همچنین حباب‌های فوم به علت ایجاد اشکال نامتقارن در پلیمر باعث تغییر شکل بیشتر و افزایش واكشیدگی ناشی از جذب رطوبت می‌گردند (1 و 2 و 22).

با این وجود، در آزمون غوطه‌وری در آب داغ، با افزایش سطح هر دو متغیر نانورس و عامل کفزا، میزان واكشیدگی افزایش یافت. این وضعیت را می‌توان به در دسترس قرار گرفتن بیشتر گروه‌های آبدوست در اثر حرارت نسبت داد. همچنین حرارت سبب کاهش فشار درون

حباب‌های فوم شده و خروج هوای درون حباب‌ها سبب جایگزینی آن با آب شده و در نهایت سبب افزایش واكشیدگی می‌گردد (لی 2004 و یو 2004).

با بررسی اثر متقابل عامل کفزا و نانورس می‌توان نتیجه گرفت که کاهش واكشیدگی ضخامت در گرو ساختار مناسب حفرات و پراکنش مناسب ذرات نانورس است، زیرا اولی باعث افزایش میزان پلیمر در سطح نمونه شده و در نتیجه از نفوذ آب جلوگیری می‌شود و دومی باعث کاهش گروه‌های آبدوست می‌گردد (18). اگرچه عامل کفزا با ایجاد خلل و فرج سطحی در کامپوزیت، باعث افزایش جذب آب می‌شود ولی افزودن نانورس به فوم با مسدود کردن مجراهای سطحی کامپوزیت، باعث کاهش جذب آب به میزان 12 درصد شده است که نشان دهنده بهبود عملکرد عامل کفزا با استفاده از نانورس است. این نتایج با یافته‌های ترنگ (2007)، سندیزارویک (2004)، لی (2004) و چونقی (2007) تطابق دارد. به این ترتیب می‌توان اظهار داشت که با کاربرد نانورس در فوم چوب پلاستیک، می‌توان ضمن دستیابی به خواص مطلوب فوم و وزن مخصوص پایین، میزان جذب آب و ثبات ابعادی کامپوزیت حاصله را ارتقا بخشید.

5- Ghasemi. I, and Kord. B, long-term water absorption behavior of polypropylene /wood flour/organoclay hybrid nanocomposite. Iranian polymer journal, vol.18, 683-691.2009

6- Matuana. L. M, Faruk. O, Hybrid HDPE/wood flour/montmorillonit nano composite, published by Wiley interscience, 2007

7- Shu-kai. Y, Ortiz. D, Al Mulla .A And, Rakosh. N, Mechanical and thermal properties of Wood/layered silicate/plastic composites, west virgin university, PhD thesis, 2005

8- Caulfield DF. Clemons C. Jaconsen R. Rowell RM. Wood thermoplastic composites. Boca Raton Publications. 1st ed. Crc press. 365-378. 2005

9- Tjong, S.C. structural and mechanical properties of nano composites, Journal of material science and engineering, vol 53, 173-197. 2006.

10- Yal. S.K, Mulla. J.D, Almulla. A And Gupta. R.K, Mechanical and thermal properties of Wood/Plastic composites Containing nano clay, published online in science direct, 2005

11- Depolo. W.S, Baird. D.G, Particulate reinforced PC/PBt composites; effect of nano clay particles on dimension stability and structural properties relationship, published in wiely interscience, 2008

12- Trang . S, Parks. L, And Ramesh. N.S, Polymeric foams –science and technology, English Library publishes, 2th edition, 20-45, 2007

13- Brydson. J.A, Plastic materials, British library cataloguing publication data, 2th ed, 150-153, 205-230, 1999

14- Sendjarevic. V, Klemper. D, Polymeric foams And Foam technology. Published By Hanser Gardner Publications. 2nd ed, 5-38, 2004

15- Hurper. C.A, Handbook of plastic technologies, 2.1-2.56, 5.40-5.42, 2001

16- Murphy. J, Additives for plastic handbook, Elsevier science & technology books, 2th ed, 178-180, 2001

منابع

- 1- پوربخش. م، بررسی اثر عامل کف زا و میزان آرد چوب و پلیمر بر خواص مهندسی و مورفولوژی کامپوزیت چوب پلاستیک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد واحد چالوس. 1389
- 2- شهریاری. ب، بهینه سازی مواد مرکب چوب پلاستیک ساخته شده از پلی پروپیلن و مواد لیگنوسلولزی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، 1388
- 3- کرد. بهزاد، بررسی خصوصیات فیزیکی- مکانیکی و ریخت شناسی. کامپوزیت هیبریدی آرد چوب- PP و نانوفیلر، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، 1388.
- 4- کرد. بهزاد، استفاده از ذرات نانورس در بهبود خواص کاربردی کامپوزیت چوب پلاستیک، مجله مواد مهندسی، جلد 1، شماره 4، 1388، 383-375.

17- Lee. Y.H, Foaming of wood flour/polyolefin/layered silicate composites, PhD thesis, 2004

18- Lee. W.Q, Clemons. Y, Yao. C.M, Xu. F and Lian. K, Properties of HDPE/Clay /wood nano composites, Journal of plastic, 2004

19- Choonghee. J and Naghuib. H.B, Effect of nano clay and foaming condition on the mechanical properties of HDPE-clay nano - foam, Journal of cellular plastics, vol 43 ,111-121,2007

20- Wang. H, Zhang. C, Elkovitch. L, lee. J and, Koelling. M, Processing and properties of polymeric nano composites , polymer engineering science 41(11),236-246,2001

21- Wang. L. K, Wang.L.Chen,Zahng .Y.C, preparation, morphology and thermo/mechanical properties of epoxy /nanoclay composites, published online in Wiely interscience,2005

22- Bledzki A.Faruk O. Effect of the chemical foaming agent, injection parameters and melt flow index on the microstructure and mechanical propertie of microcellular injection molding wood fiber/pp composites. Journal Of Applied Polymer Science .Vol,97.1090-1096.2005

23- Fu.,J.And Nagubi.H.S, effect of nano clay on the mechanical properties of PMMa/clay nano composites foams, journal of cellular plastic,vol.45,325-342,2002

24- Lei.y, wu.Q,clomons. C.M,Yao.F, xv. Y.2007 Influence of nanoclay on properties of DHPE/ wood flour composites, journal of applied polymer scienc. Vol 106, 3958- 3966.