

تولید و ارزیابی ویژگی‌های نانوجندسازهای زیستی الیاف سلولزی - پلاستیک

علیرضا سوخته سرائی^{۱*}، الهام نوروزی^۲ محمد احمدی^۳

^{۱*} و ^۳ مهندسی خمیر و کاغذ دانشگاه تهران

^۲ مهندسی چوب و کاغذ دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این تحقیق ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نانوجندسازهای پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با الیاف سلولزی (الیاف کاغذ باطله) با استفاده از عامل جفت‌کننده مالئیک انیدرید- پلی پروپیلن به میزان ۴ درصد و نانو کاربید سیلیسیم در مقادیر ۰.۲ و ۵ درصد مورد مطالعه واقع شد و نتایج حاصله با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. نسبت ماده زمینه (پلی پروپیلن) به ماده تقویت‌کننده (خمیر کاغذ) در دو سطح ۲۰/۸۰ و ۳۰/۷۰ در نظر گرفته شد. نتایج نشان دادند که تاثیر استفاده از الیاف سلولزی بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی جز مدول الاستیسته در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی دار داشته است. با افزودن نانو کاربید سیلیسیم مقاومت سایش چندسازه نسبت به نمونه بدون نانو کاربید سیلیسیم افزایش یافته و این اختلاف در سطح ۹۵ درصد معنی دار بوده است. در کل نتایج حاکی از حصول ویژگی‌های مقاومتی و فیزیکی بسیار برتری در مورد نانو چندسازهای الیاف سلولزی - پلاستیک در مقایسه با نمونه شاهد بوده است.

واژه‌های کلیدی: نانوجند سازه، پلی پروپیلن، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، نانو کاربید سیلیسیم.

Sukhtesaraie@ut.ac.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر با توجه به کاهش سطح جنگل‌ها، تولید چندسازهای چوب- پلاستیک به عنوان یک جایگزین مناسب رشد چشمگیری داشته است [۱]. مطالعاتی که اخیراً صورت گرفته است؛ نشان دهنده تولید چند سازه‌ها برپایه الیاف طبیعی به میزان ۴۵ درصد انرژی کمتری مصرف می‌کند که منجر به آلودگی کمتر هوا خواهد شد. نکته مهم دیگر قابلیت بازیابی و پتانسیل زیست‌تخریب‌پذیری چندسازهای برپایه الیاف طبیعی مانند الیاف سلولزی و گستردگی منابع الیاف طبیعی است که تجدیدپذیر می‌باشند [۲]. امروزه استفاده از الیاف خمیرکاغذ بخصوص الیاف کاغذ باطله در تولید چند سازه چوب - پلاستیک به جهت بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازها مورد مطالعه محققین بسیار زیادی واقع شده است. گاسان و بلدزکی (۱۹۹۹) در پژوهشی ویژگی‌های مکانیکی الیاف خمیر کاغذ کف با استفاده از تیمارقلیایی را بررسی کردند. هم‌کشدگی الیاف در حین این فرآوری تاثیر قابل توجهی بر ساختار الیاف و ویژگی‌های مکانیکی آن مثل مقاومت کششی و مدول کششی داشت [۳].

۴- روش و شرایط ساخت نمونه

هر تیمار را به طور جداگانه توسط دستگاه اکسترودر مدل Colin-Zk50 با سرعت ۷۰ دور در دقیقه و نقاط دمایی به ترتیب ۱۵۰، ۱۵۵، ۱۶۰، ۱۶۵ و ۱۶۵ درجه سانتی گراد ترکیب و پس از سرد شدن آنها، توسط دستگاه آسیاب خرد شدند سپس به مدت ۲۴ ساعت در اتو نگه داری شدند درمرحله بعدی توسط دستگاه تزریق با شرایط دمایی ۱۸۰ درجه سانتی گراد و سرعت بارگیری ۴۵ rpm فشار ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و زمان خنک کردن ۸۰ ثانیه به نمونه‌های قابل اندازه گیری تبدیل شدند.

۵- اندازه گیری ویژگی‌های مکانیکی

برای تعیین مقاوت به کشش، خمش و ضربه نمونه‌ها از دستگاه Instron 4476 طبق دستور العمل ASTM-D638M-89 (آزمون کشش) ، ASTM-D790 (آزمون خمش) با سرعت بارگذاری ۵ میلی متر بر دقیقه استفاده شد. به منظور ارزیابی مقاوت به سایش چندسازهای تولید شده از دستگاه Pinodisk ساخت کشور ژاپن استفاده شد که میزان فشار اعمال شده در حین سایش ۳ بار بوده است.

۲- هدف اصلی تحقیق

این پژوهش به تولید نانو چندسازه الیاف طبیعی - پلاستیک با استفاده از الیاف سلولزی، پلی پروپیلن و نانو کاربید سیلیسیم پرداخته و در پایان ارزیابی ویژگی‌های مکانیکی چند سازه‌های الیاف طبیعی - پلاستیک صورت گرفته است.

۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش الیاف کاغذ بازیافتی از کارخانه پارسپان پک تهیه شد. همچنین پلی پروپیلن مصرفی از نوع ۱۵ ساخت شرکت کیمیا جاوید اصفهان با شاخص جریان مذاب ۳۰-۱۵ گرم بر ۱۰ دقیقه و نقطه ذوب ۱۵۰ درجه سیلیسیوس به همراه جفت‌کننده مالئیک انیدرید گرافت شده با پلی پروپیلن شرکت کیمیا جاوید اصفهان تهیه گردید. نانو کربید سیلیسیم به عنوان ماده‌ای با سختی و مقاوت بسیار زیاد در برابر سایش و اصطکاک از شرکت پاسارگارد شیمی تهیه گردید که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به هدف پژوهش برای افزایش به مقاومت به رطوبت از پارافین با درصد چربی ۵ درصد و بنز آلکونیوم کلراید استفاده گردید.

۶- اندازه گیری ویژگی‌های فیزیکی

برای اندازه گیری پارامتر زاویه تماس از دستگاه زاویه سنج مدل PGX-Goniometer ساخت کشور سوئیس انجام شد. حجم هر قطره آب برابر ۳/۵ میکرو لیتر و مدت زمان مورد اندازه گیری نیز ۱۸۰ ثانیه با ۵ تکرار بر روی هر نمونه در نظر گرفته شد. برای تعیین پارامتر جذب آب در نمونه‌های ساخته شده مورد آزمایش، از یک دوره زمانی ۲۴ ساعت بهره گرفته شد که میزان جذب آب نمونه‌ها با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه شد. پارامتر میزان واکشیدگی ضخامت در مرکز و لبه‌ها اندازه گیری شد.

۷- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های این بررسی با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل آماری شده و در صورت معنی دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها از روش گروه بندی چند دامنه ای دانکن برای گروه بندی میانگین‌ها استفاده شده است.



جدول (۱) مشخصات نانو کاربید سیلیسیم مصرفی

نام ماده	درصد خلوص	سطح ویژه	اندازه مواد
نانو کربید سیلیسیم	۹۹	۹۰ گرم بر متر مربع	۷۵-۵۰ نانو متر

توضیحات مربوط به هر تیمار به همراه کد تیمار در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول (۲) توضیحات مربوط به تیمارها

تیمار	توضیحات
تیمار-۱	نمونه شاهد (پلی پروپیلن خالص)
تیمار-۲	حاوی هشتاد درصد پلی پروپیلن، ۲۰ درصد کاغذ باطله و ۰ درصد نانو کاربید سیلیسیم
تیمار-۳	حاوی هشتاد درصد پلی پروپیلن، ۲۰ درصد کاغذ باطله و ۲ درصد نانو کاربید سیلیسیم
تیمار-۴	حاوی هشتاد درصد پلی پروپیلن، ۲۰ درصد کاغذ باطله و ۵ درصد نانو کاربید سیلیسیم
تیمار-۵	حاوی هشتاد درصد پلی پروپیلن، ۳۰ درصد کاغذ باطله و ۰ درصد سیلیس
تیمار-۶	حاوی هشتاد درصد پلی پروپیلن، ۳۰ درصد کاغذ باطله و ۲ درصد نانو کاربید سیلیسیم
تیمار-۷	حاوی هشتاد درصد پلی پروپیلن، ۳۰ درصد کاغذ باطله و ۵ درصد نانو کاربید سیلیسیم

جدول (۳) تجزیه و تحلیل آماری تاثیر نوع الیاف بر ویژگی های مکانیکی و فیزیکی چندسازه الیاف سلولزی- پلی پروپیلن (مقدار F و سطح معنی دار)

ویژگی	مدول	مدول	مقاومت	مقاومت	مقاومت	مقاومت	جذب آب	واکشیدهی	زاویه تماس
متغیر	کششی	کششی	کششی	کششی	کششی	کششی	به ضربه	به سایش	ضخامت
نوع فرایند	۱۰۲۱/۲۳	۱۳/۳۸	۱۳/۸۱	۳۲۸/۴۸	۵/۴۱	۳۳۱/۱۱	۱۰۱۹/۲۹	۸/۳۳	

(سطح معنی دار: **؛ ۹۹ درصد، *؛ ۹۵ درصد، ns: معنی دار نمی باشد.)

نتایج

۸- خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه ها

نتایج اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و مقاومتی نانوحندسازه های الیاف سلولزی- پلی پروپیلن که با استفاده از الیاف بازیافتی ساخته شده اند در شکل های ۷-۱ خلاصه شده اند. تجزیه و تحلیل آماری در جدول ۳ ارائه شده است.

در این تحقیق تاثیر نوع تیمار بر مقاومت کششی در سطح ۹۵٪ معنی دار می باشد. بدین معنی که با بکارگیری الیاف سلولزی، اختلاف معنی داری را در مقادیر مقاومت کششی می توان دید. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، بیشترین مقاومت کششی مربوط به تیمار-۴ با میزان ۵۵ مگاپاسکال و پائین ترین سطح مقاومت کششی مربوط به پلیمر با مقدار ۴۰ مگاپاسکال می باشد. لای و همکاران (۲۰۰۵)، با تیمار شیمیایی الیاف به بررسی خصوصیات مکانیکی چندسازه های ساخته شده از الیاف نارگیل پرداختند و اعلام کردند که با تیمار شیمیایی ۲۵ درصد مقاومت کششی افزایش پیدا کرده است [۴].

تاثیر میزان الیاف سلولزی بر مدول کششی در سطح ۹۹ درصد معنی دار نبوده است. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود بیشترین مقدار مدول کششی مربوط به تیمار شماره ۲ به مقدار (۳۳۵۵/۲۱ مگاپاسکال) و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه پلیمر (۲۳۳۳/۵۵ مگاپاسکال) می باشد. لی و همکاران (۲۰۰۷) مقدار مدول کششی را برای چندسازه حاوی خمیر کاغذ کرافت رنگبری شده (۳۰۰۰ مگاپاسکال) گزارش کردند [۵].

تاثیر نوع تیمار بر مقاومت خمشی در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی دار بوده است. شکل ۳ نشان می دهد که الیاف سلولزی منجر به افزایش مقاومت خمشی چند سازه ها شده است مطابق شکل ۳ بیشترین و کمترین مقاومت

خمشی به ترتیب مربوط به تیمار شماره ۷ (۸۱/۷۵ مگاپاسکال) و نمونه شاهد (۷۵/۲۵ مگاپاسکال) دیده شد. غفرانی و همکاران (۱۳۹۰) طی بررسی روی چندسازه های حاوی ۶۰ درصد ضایعات پلی اتیلن و ۴۰ درصد شلتوک برنج مقدار مقاومت خمشی ۱۴/۵۲ گزارش کردند [۶].

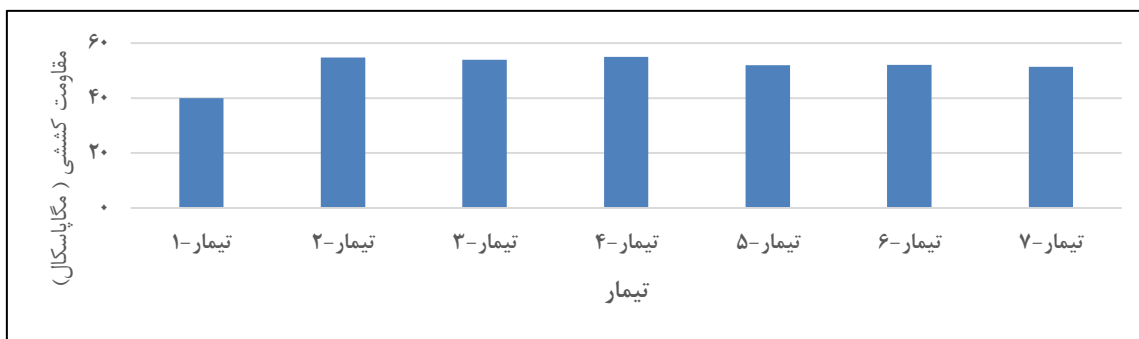
تاثیر نوع الیاف بر مدول خمشی در سطح ۹۵٪ معنی دار نبوده است. بدین معنی که با استفاده از الیاف سلولزی اختلاف معنی داری در مقادیر مدول خمشی مشاهده شده است. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود تیمار شماره ۲ با مقدار ۵۲۰۰/۲۵ مگاپاسکال دارای بیشترین و نمونه پلیمر با مقدار ۴۳۹۳ مگاپاسکال دارای کمترین مدول خمشی است.

از آنجایی که یکی از اهداف تحقیق حاضر، تولید نانو چندسازه های زیستی با مقاومت بالا در برابر سایش بوده است در این بخش از مقاله، تاثیر مستقل افزودن نانو کاربید سیلیسیم بر مقاومت به سایش ارزیابی شد که نتایج حاصل از نرم افزار آماری، حاکی از اختلاف معنی دار بودن تیمارها در سطح ۹۵ درصد معنی دار می باشد. بزرگ تبار و همکاران (۱۳۸۵)، تاثیر تغییر درصد حجمی ذرات کربید سیلیسیم و پارامترهای مختلف بر فصل مشترک ذره - زمینه در کمپوزیت ALSi - SIC مورد بررسی قرار دادند و از خواص سایشی بعنوان معیاری برای قضاوت میزان اثر بخشی این عوامل استفاده کردند. نتایج نشان داد از بین عوامل فوق افزودن ذرات کربید سیلیسیم و منیزیم تاثیر بیشتری بر خواص سایشی نمونه ها داشته و مقاومت سایشی نمونه ها را نسبت به نمونه خام به میزان ۲۸ برابر افزایش داده است [۷]. جیا و همکاران (۱۹۹۶)، به بررسی مقاومت به سایش نانو ساختار کربیدهای سیمانی شده پرداختند. در این نتایج نشان داده شده است که با بکار گیری نانو ذرات کربید، سختی و مقاومت به سایش چندسازه های بدست آمده ۲۳ درصد افزایش یافته است که این افزایش مقاومت را به دلیل تاثیر زیاد اندازه نانو ذرات و سختی بالای کربید دانسته اند [۸].

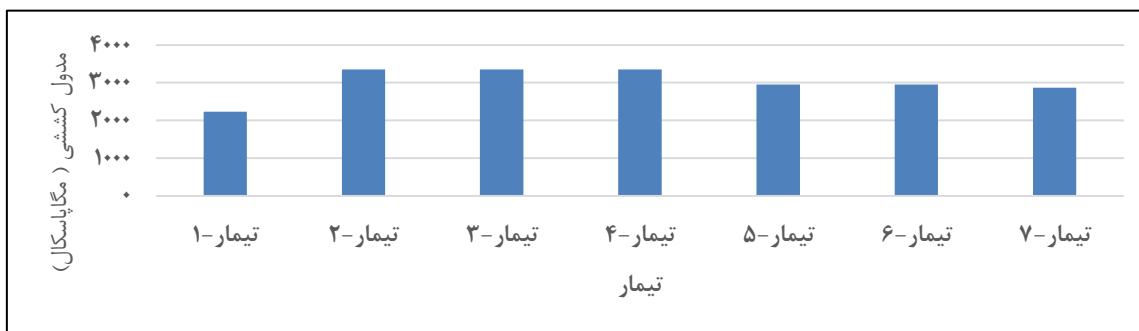
امکان نفوذ آب به ناحیه سطح مشترک و الیاف کمتر خواهد بود و در نتیجه جذب آب الیاف و تاثیر منفی آن بر خواص مکانیکی چندسازه نیز کمتر خواهد بود. ویژگی‌های شیمیایی الیاف از نظر جذب آب نیز عامل موثر دیگری می‌باشد. تیمار حذف همی سلولز سبب کاهش آب دوستی الیاف و در نتیجه کاهش جذب آب آن‌ها می‌شود [۹].

تاثیر نوع الیاف بر پارامتر زاویه تماس در سطح ۹۵ درصد رابطه معنی دار نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۷، بیشترین میزان زاویه تماس مربوط به پلیمر (۸۵/۷۵ درجه) و کمترین میزان زاویه تماس مربوط به تیمار شماره ۷ (۷۶/۲۵) بوده است. مواد لیگنوسلولزی به علت دارا بودن ترکیبات آبدوست تشکیل دهنده آن به ویژه همی سلولز و سلولز به شدت نم پذیر می‌باشد [۱۰].

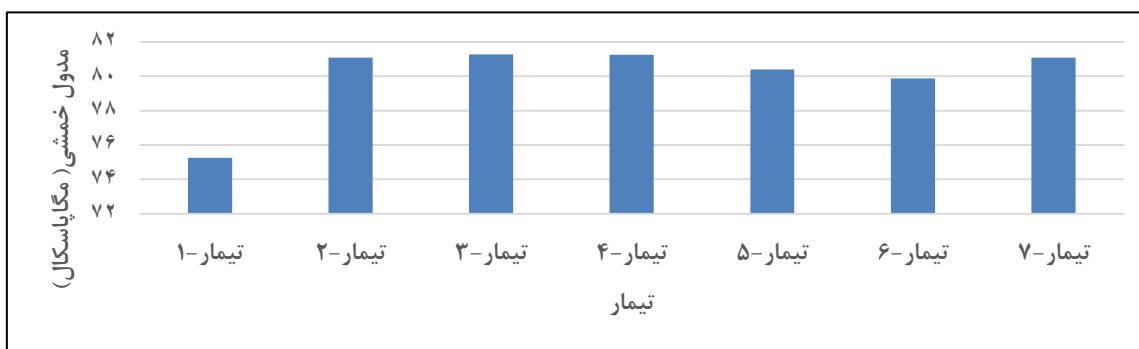
با توجه به اینکه چندسازه های الیاف سلولزی- پروپیلن در محیط های بیرونی پرکاربر هستند باید از مقاومت به رطوبت بالایی برخوردار باشند که در این تحقیق به منظور کاهش جذب آب و واکنش پذیری ابعاد نانوچندسازه ها از پارافین با درصد چربی ۵ درصد و بنز آلکونیوم کلراید در نمونه ها استفاده شد. اثر نوع تیمار بر روی جذب آب در طی ۲۴ ساعت غوطه وری بین تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد. شکل ۶ نشان دهنده اختلاف بین تیمارهای مختلف می‌باشد. بیشترین میزان جذب آب مربوط به تیمار حاوی شماره ۷ با مقدار ۲/۲۳ درصد و کمترین میزان جذب در طی ۲۴ ساعت مربوط به پلیمر با مقدار ۰/۹۱ درصد بوده است. همی سلولزها نقش اساسی در جذب رطوبت و واکنش پذیری ابعاد در مواد لیگنوسلولزی دارند. دسترس پذیری الیاف چوبی عامل مهمی در جذب آب چند سازه می‌باشد. هنگامی که چسبندگی مناسبی بین الیاف و ماده زمینه وجود داشته باشد



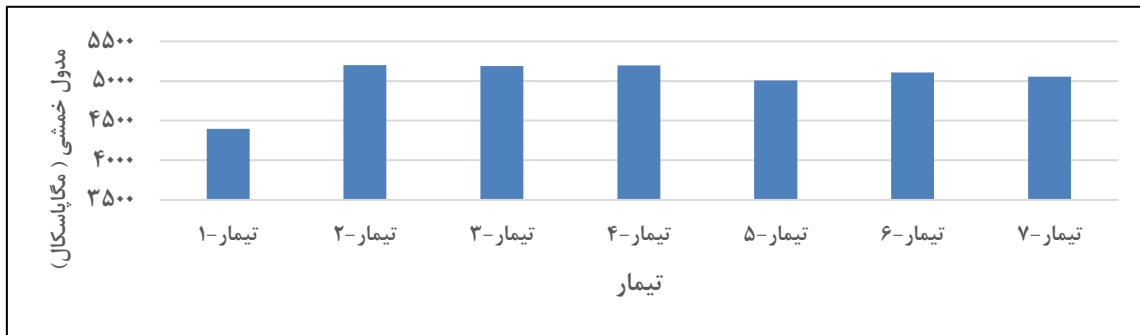
شکل (۱) تاثیر نوع تیمار بر مقاومت کششی



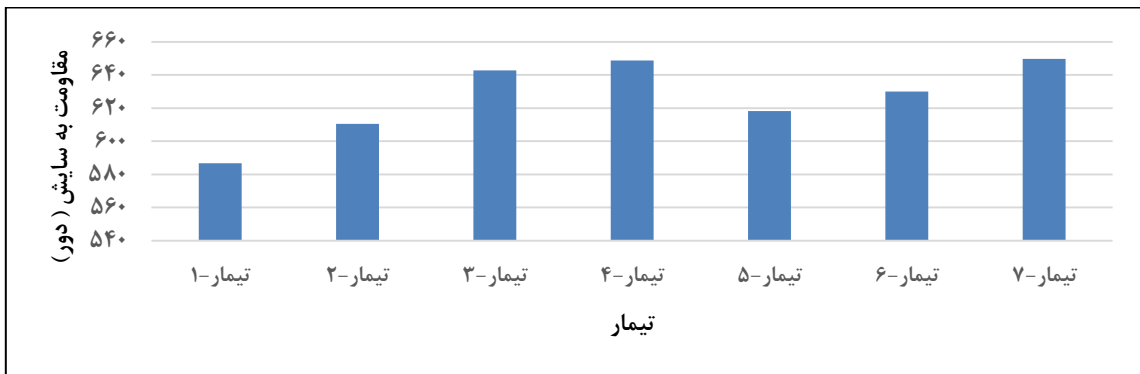
شکل (۲) تاثیر نوع تیمار بر مدول کششی



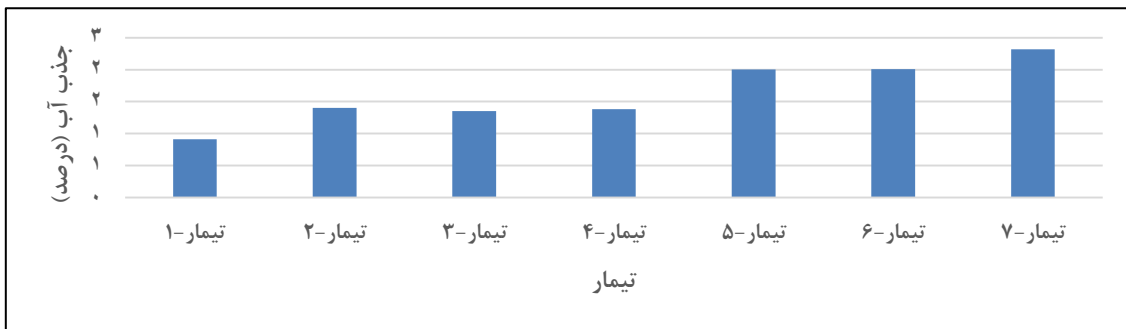
شکل (۳) تاثیر نوع تیمار بر روی مقاومت خمشی



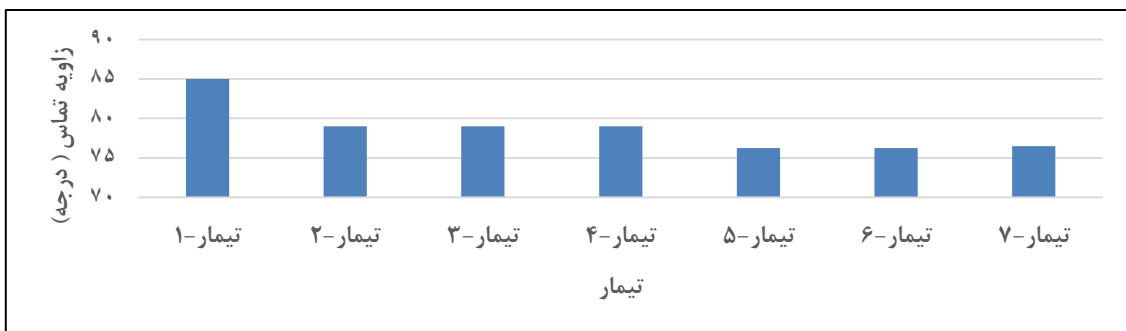
شکل (۴) تاثیر نوع تیمار بر مدول خمشی



شکل (۵) تاثیر نوع تیمار بر روی مقاومت به سایش



شکل (۶) تاثیر نوع تیمار بر روی جذب آب



شکل (۷) تاثیر نوع تیمار بر روی زاویه تماس

۹- نتیجه گیری

بکارگیری الیاف سلولزی به دلیل خواص ذاتی آن، باعث تقویت تمامی خواص نانو چندسازه های زیستی شده که در نهایت مقاومت مکانیکی نانوحندسازهای حاوی الیاف طبیعی را افزایش داده است. اما، مهمترین نتیجه تحقیق حاضر که افزایش مقاومت به سایش با افزودن نانو کاربید سیلیسیم بوده است طبق نتایج حاصله بیشترین مقاومت به سایش مربوط به تیمار شماره ۷- با مقدار ۶۴۹ دور و کمترین مقاومت به سایش مربوط به نمونه شاهد با ۵۸۶ دور بوده است که ۱۱۰ درصد افزایش مقاومت به سایش مشاهده شد. طبق نتایج ویژگی های فیزیکی نانوحندسازها، بیشترین میزان جذب آب متعلق به تیمار شماره ۷ در مدت ۲۴ ساعت غوطه وری در آب ۲/۲۳ درصد و کمترین میزان جذب آب مربوط به نمونه شاهد به مقدار ۰/۰۹ درصد می باشد. در مجموع، می توان گفت که استفاده از الیاف سلولزی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازها اثر مطلوب داشته است.

۱۰- منابع

- Lai, Y., Sapuan, S.M. (2005). Mechanical and properties of coconut Coir Fiber-Reinforced polypropylene Composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 44(2):619-632.
- Li x., Tabi, L., Panigrahi, S. (2007). Chemical treatment of natural fiber for Use natural fiber-reinforced composites: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 15 (2): 25-33.
- Ghofrani, M., Pishan, S., Mohammadi, M., Omid, H. (2011). Study of physical and mechanical properties of wood-plastic composites using rice husk / waste HDPE. *Journal of Environmental Sciences*, 9(1): 99-112.
- Bozorgtabar, M.S., Maraeian, M. (2006). Evaluation of effective factors on wear properties of silicon carbide- Aluminum composites. *Aghaze Journal*, 2, pp: 46
- K. Jia, T.E. Fische. 1996. Abrasion resistance of nanostructured and conventional cemented carbides. *wear*, 200, 206-214.
- Gyoung Gwon, J., Lee, S., Chun SJ., Doh, G., Kim J. (2010). Effect of chemical treatments of wood fibers on the physical strength of polypropylene based composites. *Korean J. Chem. Eng.*, 27(2), 651-657.
- Fuentes, F.J., Talavera, J.A., Silva, HG. Richter, R., Sanjuan. (2007). Effect of production variables on bending properties, water absorption and thickness swelling of bagasse/plastic composite boards. *Industrial crops and products*, 26(1):1-7.
- Kord, B. (2009). Using clay nanoparticles on improving the functional properties of wood - plastic composites. *Journal of Materials Engineering*, 1(4): 375-383.
- Buzarovska A., Bogoeva G., Grozfanov A., Avella M., Gentile G. (2009). Potential use of rice strew as filler in eco-composite materials. *Australian Journal of crop science*, ISSN: 1835-2707.
- Gassan, J., Bledzki AK. (1999). Alkali treatment of jute fibers: relationship between structure and mechanical properties. *Journal of applied polymer science*. 71(2): 623-629.