بررسی اثرات نوع ماده لیگنوسلولزی بر خواص چند سازه‌های هیبرید الیاف کنف - آرد چوب / پلی پروپیلن

نوید نعیمیان[1]، محمد فارسی[2]، اسماعیل قاسمی[3]، بهزاد بازیار[4]

چکیده

در این تحقیق چند سازه‌های غیر هیبرید و هیبرید مواد لیگنو سلولزی / پلی پروپیلن، با مقدار 30 درصد وزنی الیاف کنف / آرد چوب، در پنج سطح (0- 100و25-75 و50-50 و75-25 و 100-0 درصد) در یک مخلوط‌کن داخلی، همراه 3% مالئیک انیدرید به‌عنوان جفت کننده و 1% اسید استئاریک به‌عنوان روان ساز، با یکدیگر مخلوط و نمونه‌های آزمونی استاندارد توسط قالب‌گیری تزریقی تهیه گردیدند. خواص کششی و خمشی (مقاومت ، مدول و تغییر طول در نقطه شکست)، مقاومت به ضربه بدون فاق و خاصیت فیزیکی جذب آب، به‌عنوان تابعی از نوع مواد لیگنو سلولزی بررسی شدند. در چند سازه‌های غیر هیبرید الیاف کنف و چند سازه‌های هیبرید با درصد استفاده بیشتری از الیاف کنف، کلیه خواص مکانیکی و فیزیکی چند سازه‌ها مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند. ریزنگارهای حاصل از عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی از سطوح شکست چند سازه‌ها، محیط پیوسته و همگنی را در حضور 3% عامل جفت کننده نشان دادند، که الیاف بیرون آمده کنف و ذرات آرد چوب از متن پلیمر زمینه کمتر دیده می‌شود و همواره اتصال الیاف با پلیمر اطراف خود نمایان است. ریزنگارها نتایج حاصل از آزمون های مکانیکی و فیزیکی را تایید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: **چند سازه‌چوب/ پلاستیک، هیبرید، جفت‌کننده، خواص مکانیکی، خواص فیزیکی، ریخت‌شناسی**

1- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری **Navid_Naeimian@Yahoo.com**

2- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری

3- دانشیار گروه پلاستیک پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران

4- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

مقدمه

امروزه در اکثر کشورها از قطعات تولید شده چند سازه‌های چوب / پلاستیک استفاده‌های بیشماری برای ساخت محصولاتی متنوع مانند: قطعات داخلی و خارجی اتومبیل، کف پوش، تخته‌های ساختمانی و غیر ساختمانی، کلاف در و پنجره، قطعات مبلمان، صنایع بسته‌بندی، محیط‌های بازی کودکان، حصارکشی، تولید پروفیل‌های حاصل از عملیات روزن‌رانی، کابینت آشپزخانه و دستشویی و غیره، شده است [15]. چند سازه‌ها موادی هستند که از دو یا چند جزو مشخص تشکیل می‌شوند و خواص مفید هر یک از اجزا را به‌همراه دارند. بدیهی است که خواص چندسازه ساخته شده به خواص اجزای تشکیل دهنده آن یعنی پلیمر (فاز پیوسته)، تقویت‌کننده (فاز ناپیوسته)، نحوه توزیع و میزان پراکنش فازها، بر همکنش بین فازها، نوع ، اندازه و مقدار ماده تقویت‌کننده و مواد افزودنی و در نهایت به شرایط فراورش، وابسته است [1]. پلیمرها بر اساس رفتار ترمو فیزیکی به دو گروه گرماسخت و گرمانرم تقسیم می‌شوند. پلیمرهای گرمانرم بر اثر حرارت ذوب می‌شوند و با سرد شدن سخت می‌گردند. این مواد دارای قابلیت ذوب شدن مجدد هستند. پلیمرهای گرما سخت بر اثر حرارت اتصال‌های عرضی تشکیل می‌دهند و سخت می‌گردند. این مواد به علت تشکیل اتصال‌های عرضی پس از سخت شدن، دارای قابلیت ذوب مجدد نیستند. بنابراین پلیمرهای گرما نرم از نظر بازیافت بر انواع گرما سخت ارجحیت دارند [1]. تقویت کننده‌های لیفی (نظیر الیاف کنف) با ضریب ظاهری (نسبت طول به قطر) بالا، نسبت به تقویت کننده‌های پودری (نظیر پودر چوب) از خواص فیزیکی و مکانیکی بالاتری برخوردار می‌باشند، اما برای تولید چند سازه‌ای که ترکیبی از خواص هر دو نوع تقویت کننده را دارا باشد، می‌توان این دو نوع تقویت کننده را با نوعی پلیمر ترکیب نمود و چند سازه‌ای هیبرید که دارای خواصی مطلوب‌تر نسبت به چند سازه-های غیر هیبرید است، ایجاد نمود [3]. یانگ و همکارانش[1] در سال 2004، از آرد شلتوک برنج به‌عنوان فاز تقویت کننده ماده زمینه پلی‌پروپلین در 4 سطح وزنی استفاده کردند. آنها نشان دادند با افزودن آرد شلتوک برنج، مقاومت‌ها و مدول‌های کششی و خمشی افزایش، ولی مقاومت به ضربه بدون فاق کاهش می‌یابد [18]. استارک و رولند[2] در سال 2003، خواص مکانیکی چندسازه آرد چوب / پلی‌پروپیلن را مورد آزمایش قرار دادند، نتایج نشان داد ضریب ظاهری بزرگ‌تر باعث افزایش در مدول‌ها و مقاومت‌های کششی و خمشی می‌گردد [16]. در مطالعه‌ای بر روی چند سازه‌های الیاف چوب / پلاستیک، مالبرگ[3] در سال 2003 نشان داد که هر چه میزان الیاف چوبی بیشتر می‌گردد، نمونه‌ها رطوبت بالاتری جذب می‌کنند و واکشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد [10]. از موارد منفی استفاده از الیاف طبیعی در چند سازه‌ها، می‌توان به دمای پایین مورد استفاده در حین فرآیند تولید، اتصال ضعیف بین مواد لیگنو سلولزی آب دوست و پلیمرهای آب گریز و همچنین وجود پتانسیل جذب آب الیاف‌طبیعی در محصولات ساخته شده نام برد [14]. بررسی ریخت‌شناسی چند سازه‌ها به‌وسیله عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی، کمک شایانی به درک همبستگی بین خواص مکانیکی چند سازه‌ها و ریز ساختار آنها و تایید نتایج آزمون-های مکانیکی می‌کند. هادا و همکارانش[4] در 2006، هایجون و همکارانش[5] در 2003 و کوئین[1] در 2002، با استفاده

[1] Yang et al.
[2] Stark & Rowlands
[3] Mahlberg
[4] Huda et al.
[5] Haijun et al

از ریزنگارهای عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی نشان دادند، در نمونه‌هایی که خواص مکانیکی و فیزیکی بهبود یافته است، پراکنش و پخش بهتر پرکننده‌های چوبی، و میزان چسبندگی سطوح مشترک بین ذرات چوب و ماده زمینه پلیمری نمایان می‌باشد [8و7و13].

در این تحقیق اثرات استفاده از الیاف کنف و آرد چوب بر خواص فیزیکی (جذب آب)، مکانیکی (کشش، خمش و مقاومت به ضربه) و ریخت‌شناسی چند سازه‌های هیبرید و غیرهیبرید بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

پلی‌پروپیلن تولیدشده شرکت Sabic کشور عربستان با شاخص جریان مذاب 3g/10min و دانسیته $0/9 g/cm^3$ با نام تجاری 500P به‌عنوان ماده زمینه پلیمری مورد استفاده قرار گرفت. الیاف کنف مورد استفاده از نوع تجاری بوده که به‌منظور آب‌بندی اتصالات لوله‌ها در تاسیسات به‌کار می‌روند و دارای دانسیته $0/7 g/cm^3$ بوده و از کشور تایلند وارد می‌شوند، به‌عنوان تقویت کننده لیفی در ماده زمینه پلیمری مورد استفاده قرار گرفت که به‌صورت فله‌ای از بازار تهیه گردید. آرد چوب تولید شده به‌صورت تجاری توسط شرکت صنعت سلولز آریا با محدوده pH 6 تا 8 و درصد خاکستر 2 تا 9 و طولی در محدوده 20 تا 110 میکرون از مخلوط گونه‌های پهن‌برگ جنگلی، به‌عنوان تقویت کننده پودری ماده زمینه پلیمری مورد استفاده قرار گرفت. مالئیک انیدرید پیوند شده با پلی-پروپیلن از محصولات شرکت بلژیکی Solvay با شاخص جریان مذاب 64 g/10min و نام تجاری Priex 20070 به‌عنوان عامل جفت‌کننده فازپلیمری و سلولزی، و از اسید استئاریک جامد (پودر) ساخت شرکت تایلندی Imperial chemical با دانسیته $0/2 g/cm^3$ به‌عنوان روان‌ساز در مرحله اختلاط استفاده شده‌است. از نیتروژن مایع ($-196^{\circ}C$) تولید شده توسط دستگاه مولد نیتروژن، به‌منظور تهیه نمونه‌های شکست برای ریخت‌شناسی به-وسیله عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی و از زایلن ساخت شرکت آلمانی Merck با چگالی 0/86 g/Liter و جرم‌ملکولی 106/17 g/Mol به‌عنوان حلال در آنالیز طول الیاف، استفاده گردید.

آنالیز ابعاد تقویت کننده‌ها

یکی از فاکتورهای مهم تاثیر گذار بر خواص چند سازه ها، ضریب ظاهری تقویت کننده‌ها می‌باشد. به‌منظور به‌دست آوردن ضریب ظاهری تقویت کننده‌ها از میکروسکوپ نوری Leica مدل Q550CW مجهز به آنالیزگر ابعاد نمونه‌ها در آزمایشگاه Optic استفاده گردید. برای اندازه‌گیری ضریب ظاهری الیاف سلولزی، بعد از عملیات فراورش و تهیه نمونه‌ها، تکه‌های کوچکی از چند سازه‌های ساخته شده را در زایلن جوشان انداخته تا مواد پلیمری آن حل شود، سپس به‌وسیله عبور محلول از کاغذ صافی، الیاف کنف و آرد چوب جدا شدند. الیاف سلولزی را بر روی لام پخش کرده و ابعاد آنها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. اندازه‌گیری ابعاد تقویت کننده‌ها به طور تصادفی با 100 بار تکرار انجام شد و با تقسیم میانگین طول بر میانگین قطر الیاف، میانگین ضریب ظاهری آنها به‌دست آمد (جدول2).

[1] Qin

فرایند اختلاط

الیاف کنف و آرد چوب را قبل از اختلاط با پلی‌پروپیلن به‌مدت 24 ساعت در دمای حدود 85 درجه سانتی‌گراد در یک خشک‌کن دارای جریان هوا قرار داده تا هر گونه رطوبت اضافی آنها خارج شود. عملیات وزن‌کشی مواد با توجه به مقادیر و نسبت‌های وزنی تعیین شده در جدول (1) قبل از فرایند اختلاط انجام گرفت. در کلیه تیمارها از 3% مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن به‌عنوان جفت‌کننده و از 1% اسید استئاریک به‌عنوان روان‌ساز استفاده گردید. فرایند اختلاط مواد با دستگاه مخلوط‌کن داخلی مدل90 HBI SYSTEM ساخت شرکت آلمانی HAAKE BUCHLER با دمای اختلاط 180 $^{\circ}$C و سرعت اختلاط 60 دور در دقیقه (RPM) انجام شد و کل زمان اختلاط تا رسیدن به گشتاور ثابت 12 دقیقه به‌طول انجامید.

تهیه نمونه‌ها

مواد خنک شده خروجی از دستگاه مخلوط‌کن داخلی به‌منظور تبدیل به گرانول برای تغذیه دستگاه تزریق به‌داخل یک خردکن نیمه‌صنعتی ساخت شرکت آلمانی Wieser مدل WG-LS 200/200 ریخته شد و سپس گرانول‌های به‌دست آمده به‌مدت 24 ساعت در خشک‌کن با دمای 85 $^{\circ}$C قرار داده‌شد. نمونه‌های مربوط به آزمون‌های مکانیکی به روش قالب‌گیری تزریقی به‌وسیله دستگاه تزریق نیمه‌صنعتی ساخت شرکت ایمن ماشین تهران تهیه شدند. دمای سیلندر تزریق در هر سه ناحیه 190 $^{\circ}$C، دمای قالب 40 $^{\circ}$C، فشار تزریق 3 Mpa و زمان دوره تزریق کمتر از 20 ثانیه در نظر گرفته شد.

ارزیابی خواص مکانیکی، فیزیکی و ریخت شناسی

آزمون کشش مطابق با استاندارد ASTM D638-M89 و آزمون خمش مطابق با استاندارد ASTM D7031 به‌وسیله دستگاه INSTRON مدل 4486 با سرعت بارگذاری 5 mm/min در دمای محیط انجام شد. مقاومت به ضربه بدون فاق آیزود براساس استاندارد ASTM D256 با استفاده از دستگاه INSTRON WOLPERT مدل PW5 در دمای محیط صورت گرفت. آزمون فیزیکی جذب آب مطابق استاندارد ASTM D570 انجام شد، بدین‌صورت که نمونه‌ها را پس از خشک شدن کامل به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت 0/0001 گرم وزن کشی و سپس به‌مدت 24 ساعت در آب مقطر، در دمای محیط قرار داده و پس از وزن‌کشی مجدد، درصد جذب آب نمونه‌ها با استفاده از رابطه آن به‌دست آمد.

در این تحقیق کلیه تیمارها با 3 تکرار مورد آزمون قرار گرفتند. بررسی آماری با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی انجام و در صورت معنی‌داری، مقایسه میانگین‌های مربوط به هر فاکتور بر اساس آزمون دانکن صورت گرفت. ریخت‌شناسی چندسازه‌ها نیز به‌وسیله عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی (SEM)، ساخت شرکت ژاپنی JEOL مدل JXA-840 مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج

همان‌طورکه از داده‌های جدول 1 مشخص می‌باشد، در چند سازه‌های هیبریدی که حاوی درصد بیشتری الیاف کنف نسبت به آرد چوب می باشند، تمامی مقادیر میانگین‌های آزمون های انجام گرفته، بالاتر می‌باشند. به‌طوری‌که میانگین‌های مقاومت کششی و خمشی (شکل1و2)، مدول الاستیسیته کششی و خمشی(شکل3و4)، تغییرطول کششی و خمشی (شکل5و6) و مقاومت به ضربه بدون فاق (شکل7)، در چند سازه‌هایی که دارای میزان بیشتری الیاف کنف هستند، بالاتر می‌باشد. همچنین جذب آب این نوع چند سازه‌ها پس از 24 ساعت غوطه‌وری در آب درصد بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند (شکل8).

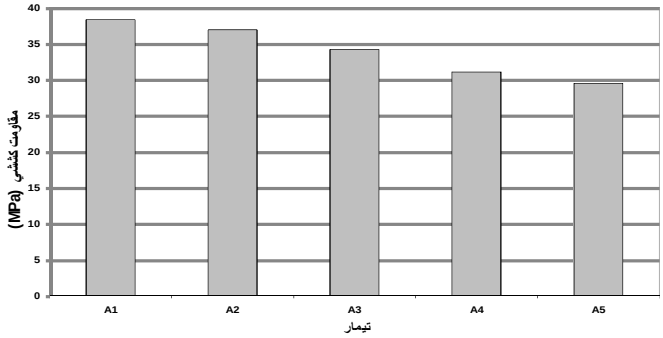
مقایسه نتایج به‌دست آمده از چند سازه‌های غیرهیبرید (نمونه‌های A1 و A5)، این افزایش را در چند سازه‌های حاوی الیاف کنف، نسبت به چند سازه‌های حاوی آرد چوب به خوبی نشان می‌دهد.

جدول1- مقادیر میانگین خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه‌های آردچوب/پلی‌پروپیلن

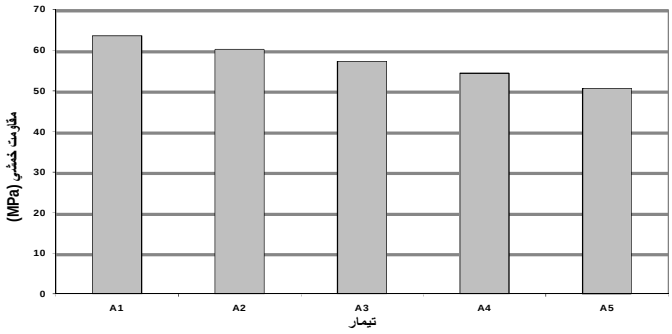
نام تیمار	ترکیب	مقاومت کششی MPa	مدول الاستیسیته کششی MPa	تغییر طول کششی %	مقاومت خمشی MPa	مدول الاستیسیته خمشی MPa	تغیر طول خمشی %	مقاومت به ضربه بدون فاق J/m	جذب آب طی 24 ساعت %
A1	الیاف کنف30% پلی پروپیلن70%	38/3	4116	2/64	63/6	2561	0/054	227/1	0/66
A2	الیاف کنف22/5%-آرد چوب7/5% پلی پروپیلن70%	36/9	3948	2/55	60/2	2361	0/052	190/6	0/62
A3	الیاف کنف15%-آرد چوب15% پلی پروپیلن70%	34/1	3644	2/49	57/3	2128	0/050	177/1	0/56
A4	الیاف کنف7/5%-آرد چوب22/5% پلی پروپیلن70%	31/0	3387	2/44	54/4	1970	0/047	152/1	0/48
A5	آرد چوب30% پلی پروپیلن70%	29/4	3110	2/37	50/7	1834	0/046	149	0/42

جدول2- مقادیر میانگین طول، قطر و ضریب ظاهری تقویت کننده‌ها پس از ساخت نمونه‌ها

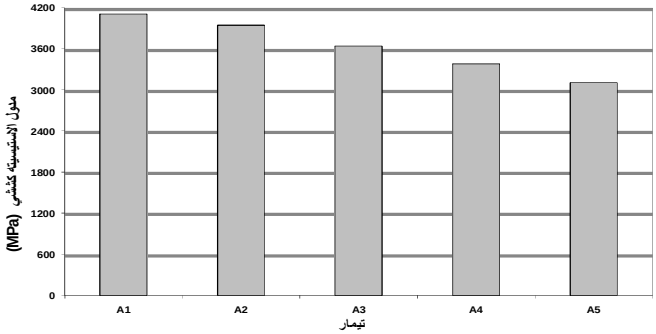
نوع تقویت کننده	میانگین طول الیاف (mm)	میانگین قطر الیاف (mm)	ضریب ظاهری (l/d)	تعداد تکرار
الیاف کنف	0/439	0/079	5/56	100
آرد چوب	0/196	0/117	1/68	100



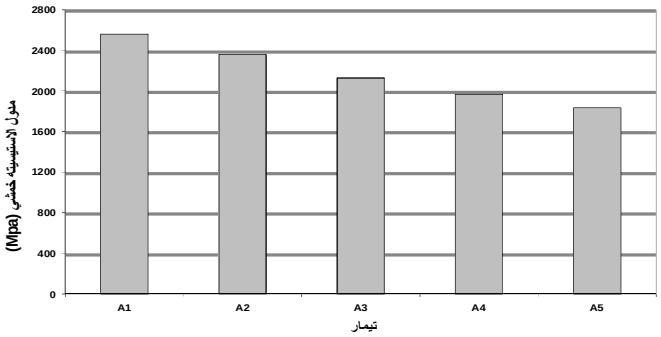
شکل 1- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر مقاومت کششی چند سازه‌ها



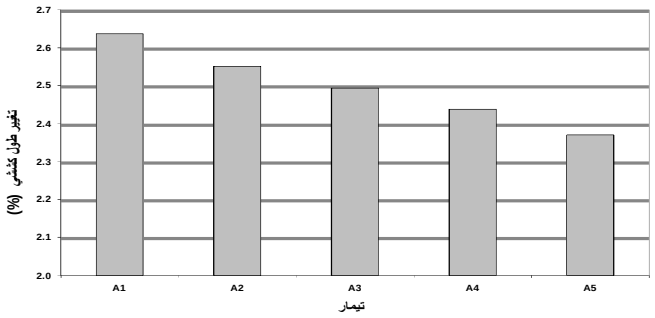
شکل2- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر مقاومت خمشی چند سازه‌ها



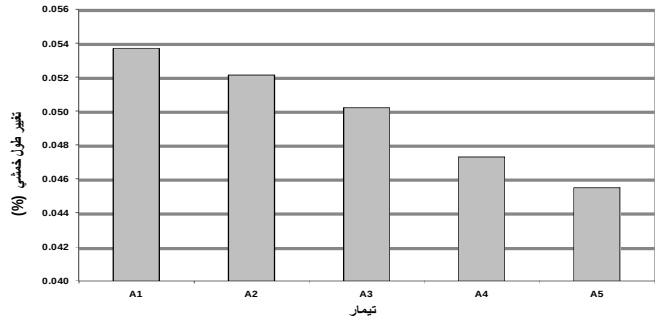
شکل 3- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر مدول الاستیسیته کششی چند سازه‌ها



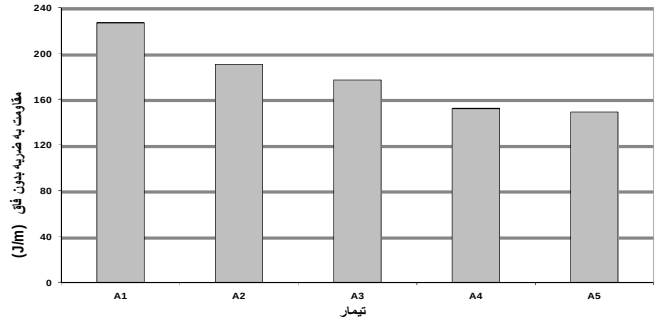
شکل 4- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر مدول الاستیسیته خمشی چند سازه‌ها



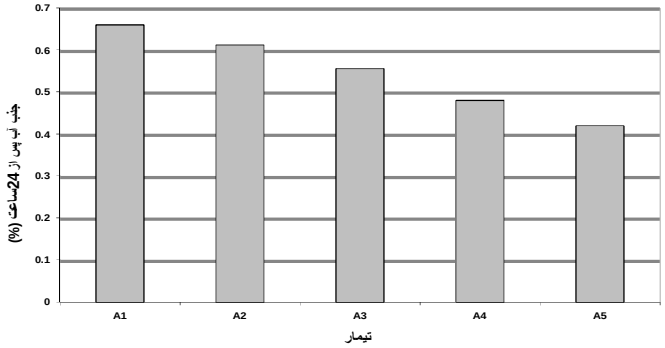
شکل 5- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر تغییر طول کششی چند سازه‌ها



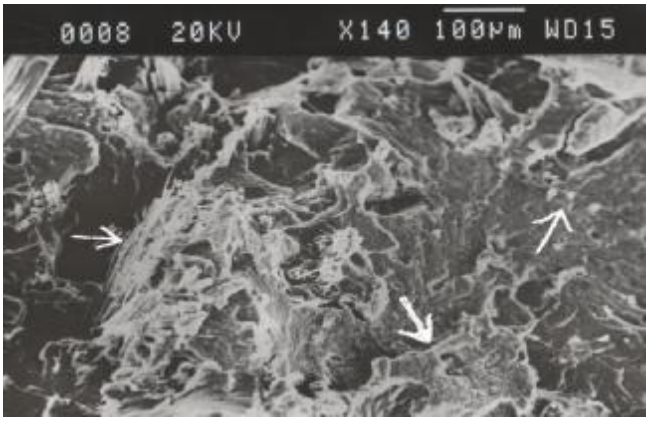
شکل 6- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر تغییر طول خمشی چند سازه‌ها



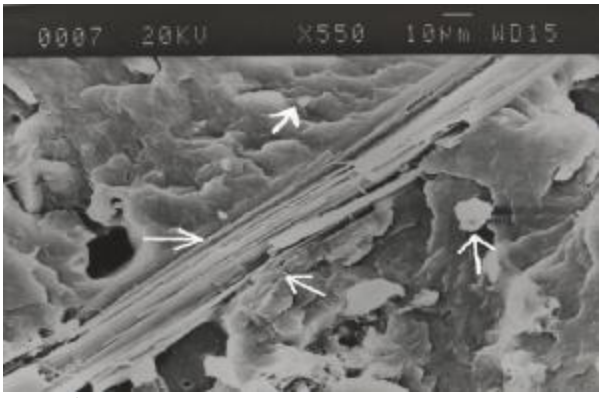
شکل 7- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر مقاومت به ضربه بدون فاق چند سازه‌ها



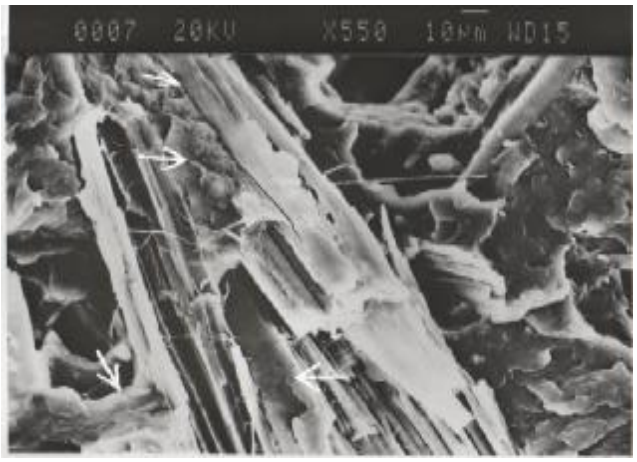
شکل 8- اثر میزان و نوع تقویت کننده‌ها بر جذب آب طی 24 ساعت چند سازه‌ها



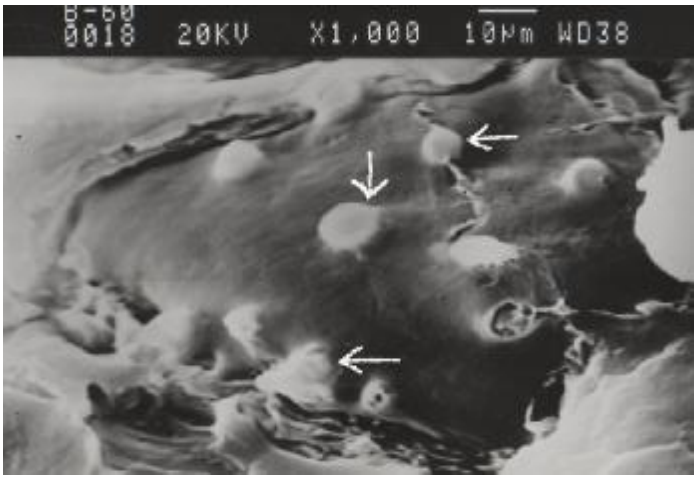
شکل9- تصویر ریز نگار SEM سطح شکست چند سازه 15% الیاف کنف –15% آرد چوب /70% پلی پروپیلن با 3% MAPP (بزرگنمایی X140)



شکل 10- تصویر ریز نگار SEM سطح شکست چند سازه 15% الیاف کنف –15% آرد چوب /70% پلی پروپیلن با 3% MAPP (بزرگنمایی X550)



شکل 11- تصویر ریز نگار SEM سطح شکست چند سازه 30% الیاف کنف /70% پلی پروپیلن با 3% MAPP (بزرگنمایی X550)



شکل 12- تصویر ریز نگار SEM سطح شکست چند سازه 30% آرد چوب /70% پلی پروپیلن با 3% MAPP (بزرگنمایی X1000)

بحث و نتیجه‌گیری

خواص کششی و خمشی

یکی از دلایل اصلی افزودن مواد لیگنو سلولزی به پلاستیک‌ها، بهبود و افزایش مدول‌الاستیسیته و مقاومت در حالت کششی و خمشی می‌باشد. با توجه به مدول‌الاستیسیته بالای مواد لیگنوسلولزی، مدول‌الاستیسیته چند سازه-های حاصل به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. اندازه و میزان ذرات لیگنوسلولزی و همچنین عامل سازگار کننده، از فاکتورهای موثر بر میزان تقویت‌کنندگی مواد لیگنوسلولزی در ماده زمینه پلیمری می‌باشد. مقادیر میانگین‌های مدول‌الاستیسیته، مقاومت و تغییر طول نمونه‌ها در دو حالت کششی و خمشی در جدول (1) نمایان می‌باشد. همان-طورکه از داده‌های جدول مشخص است، چند سازه‌های هیبریدی که حاوی درصد بیشتری الیاف کنف نسبت به آرد چوب می‌باشند دارای مدول‌الاستیسیته، مقاومت و تغییر طول کششی و خمشی بیشتری هستند. این موضوع در چند سازه‌های غیر هیبرید به‌طور کاملا مشهودی نمایان است. بالا بودن مقدار مقاومت کششی و خمشی چند سازه‌های حاوی درصد بیشتری الیاف کنف نسبت به ذرات آرد چوب را می‌توان به ضریب ظاهری بالاتر الیاف کنف که سبب خنثی شدن بیشتر تنش در ماده زمینه پلیمری نسبت به ذرات آرد چوب می‌شود نسب داد (شکل‌های 1و2). بر اساس آزمون دانکن، سطوح مختلف میانگین‌ها در 5 گروه قرار گرفت. استارک و رولند در سال 2003، لیو و همکارانش[1] در سال 2000، تحقیقاتی را بر روی اثرات طول و میزان مواد چوبی در ماده زمینه پلی‌پروپیلن چند سازه‌ها انجام دادند. نتایج نشان داد طول بلند الیاف و ضریب ظاهری بیشتر باعث افزایش در مقاومت‌های کششی و خمشی شده است [16و9].

بین مدول‌الاستیسیته چند سازه‌ها و مدول‌الاستیسیته اجزای تشکیل دهنده آنها رابطه مستقیمی وجود دارد . الیاف کنف به‌دلیل مدول‌الاستیسیته و ضریب ظاهری بالاتر نسبت به ذرات آرد چوب سبب افزایش بیشتری در مدول‌الاستیسیته کششی و خمشی چند سازه‌ها شده‌اند (شکل‌های 3و4). بر اساس آزمون دانکن، سطوح مختلف میانگین‌ها در 4 گروه قرار گرفت. استارک و کالفیلد در سال 1998، افزایش در مدول‌الاستیسیته کششی و خمشی چند سازه‌های الیاف کنف / پلی‌پروپیلن را به ویژگی‌های مطلوب الیاف کنف ربط دادند. استارک و رولند در سال 2003، در پژوهشی ضریب ظاهری بالاتر را علت افزایش در مدول‌الاستیسیته کششی و خمشی دانستند [4و16]. همچنین با افزودن الیاف طبیعی به ماده زمینه پلیمری، کاهش زیادی در میزان تغییرطول چند سازه‌ها مشاهده می-گردد که علت، کاهش میزان شکل پذیری چندسازه در حضور الیاف طبیعی است. زیرا حضور الیاف، تحرک زنجیرهای پلیمر را محدود می‌کند. ماهیت پلاستیکی‌تر الیاف کنف و طول بلندتر و تعداد کمتر آنها در واحد سطح نسبت به ذرات آرد چوب باعث افزایش در تغییر طول کششی و خمشی چند سازه‌ها شده‌است (شکل‌های 5و6). بر اساس آزمون دانکن سطوح مختلف مقادیر میانگین‌های تغییر طول در حالت کشش در 2 گروه و درحالت خمش در 4 گروه قرار گرفت. ذبیح‌زاده در سال 1384 و تجویدی در سال 2005، مطالعاتی بر روی اثرات چندین ماده لیگنوسلولزی بر خواص چند سازه‌های لیگنوسلولزی/ پلی پروپیلن انجام داده و نشان دادند، افزودن مواد لیگنو سلولزی تغییر طول را کاهش می‌دهد، ولی مواد لیگنوسلولزی با ضریب ظاهری بالاتر اثر کاهشی کمتری بر تغییر طول کششی و خمشی چند سازه‌ها داشته است[1و17].

[1] Liew et al.

مقاومت به ضربه بدون فاق

استفاده از مواد لیگنوسلولزی به‌عنوان فاز تقویت کننده ماده زمینه پلیمری باعث شکنندگی چندسازه چوب / پلاستیک می‌گردد و حضور الیاف انرژی جذب شده توسط چند سازه را افزایش می‌دهد [2]. افزودن الیاف مناطقی را در ماده زمینه پلیمری به وجود می‌آورد که موجب تمرکز بیشتر تنش شده و رشد ترک را از آن ناحیه آغاز می‌کند. چند سازه‌های حاوی میزان بیشتری الیاف کنف نسبت به آرد چوب دارای مقاومت به ضربه بدون فاق بیشتری هستند. این موضوع در چند سازه‌های غیر هیبرید نسبت به چند سازه‌های هیبرید نمایان‌تر می‌باشد (شکل7). ضریب ظاهری و طول بیشتر الیاف کنف نسبت به ذرات آرد چوب نقاط تمرکز تنش را کاهش داده و طول بالاتر الیاف کنف در ناحیه خط شکست ایجاد پیوستگی بیشتری نموده و نیروی بازدارنده بالاتری را برای جلوگیری از پیشرفت ترک نشان می‌دهد. بر اساس آزمون دانکن سطوح مختلف مقادیر میانگین‌ها در 3 گروه قرار گرفت. مایرز و همکارانش در سال 1992، اثر الیاف روزنامه کهنه و آرد چوب را بر خواص مکانیکی چند سازه‌ها مطالعه نمودند. یافته‌های تحقیقاتشان نشان داد مقاومت به ضربه بدون فاق در چند سازه‌های روزنامه کهنه 43 % بیشتر از چند سازه-های حاوی آرد چوب می‌باشد. آنها این افزایش را به ضریب ظاهری بزرگتر الیاف روزنامه کهنه نسبت دادند [12]. دریک نگاه کلی کم بودن مقاومت به ضربه چند سازه‌های چوب / پلاستیک یک نقص به‌حساب می‌آید و برای رفع آن استفاده از اصلاح کننده‌های ضربه یا فوم کردن ماده زمینه پلیمری گزارش شده‌است [2].

خاصیت فیزیکی جذب آب پس از ۲٤ ساعت

چند سازه‌های حاوی درصد بیشتری الیاف کنف نسبت به آرد چوب دارای جذب آب بالاتری پس از 24 ساعت غوطه‌وری در آب می‌باشند. در چند سازه‌های غیر هیبرید این مساله به وضوح مشخص می‌باشد (شکل8). الیاف لیگنو سلولزی به‌علت خاصیت آب دوستی خود سبب بالا رفتن جذب آب چند سازه‌ها می‌گردند. در مقایسه با مواد پلیمری آب گریز، خاصیت جذب آب الیاف لیگنو سلولزی یکی از معایب آنها محسوب می‌شود، حال آن که چند سازه‌های چوب / پلاستیک به‌دلیل احاطه شدن الیاف آب دوست توسط پلیمرهای آب گریز، جذب آب کمتری را نسبت به دیگر محصولات چوبی از خود نشان می‌دهند. وجود گروه‌های هیدروکسیل آب دوست قابل دسترس زنجیرهای سلولزی، سبب تشکیل پیوندهای هیدروژنی جدیدی با ملکول‌های آب می‌گردند، به‌علاوه ملکول‌های آب به‌دنبال منافذ و ترک‌های ریز میکروسکوپی در سطوح مشترک بین ماده زمینه پلیمری و پرکننده‌ها می‌باشند. الیاف کنف نیز به‌علت در دسترس بودن تعداد بیشتری گروه هیدروکسیل در زنجیره سلولزی بلندترشان درصد جذب آب بالاتری را نسبت به ذرات آرد چوب به خود اختصاص می‌دهند. براساس آزمون دانکن سطوح مختلف مقادیر میانگین‌ها در 3 گروه قرار گرفت. مالبرگ در 2003، در مطالعه ای بر روی چند سازه های چوب / پلاستیک نشان داد هر چه میزان الیاف چوبی بیشتر گردد، چند سازه ها رطوبت بالاتری جذب کرده و واکشیدگی ضخامت زیاد می شود [10]. میشرا و همکارانش[1] در سال 2004، جذب آب چند سازه‌های الیاف لیگنوسلولزی / پلاستیک را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند بیشترین مقدار جذب آب در چند سازه‌های الیاف کنف و کمترین مقدار در چند سازه‌های الیاف سیسال تیمار شده با مالئیک انیدرید دیده می‌شود [11].

ریخت‌شناسی به‌وسیله SEM

[1] Mishra et al.

بین خواص مکانیکی و فیزیکی چند سازه‌ها و ریزساختار آنها همبستگی نزدیکی وجود دارد [17]. خواص هر پلاستیک تقویت شده با ذرات به نوع ماده تقویت کننده، آرایش ذرات و چگونگی اتصال ذرات به فاز پلیمری بستگی دارد. در این تحقیق بررسی ریزساختار چند سازه‌ها بر روی سطوح نمونه‌های شکانده شده در دمای نیتروژن مایع با استفاده از عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی نشان داد، در چند سازه‌ها وجود 3 % جفت‌کننده محیط پیوسته‌ای را نشان می‌دهد که الیاف کنف و ذرات آرد چوب بیرون آمده از متن ماده زمینه پلیمری بر اثر شکست به مراتب کمتر می‌باشد و همواره اتصال الیاف با پلیمر اطراف خود نمایان است و اتصال خوب ماده زمینه پلیمری با مواد لیگنو سلولزی در سطوح مشترک آنها کاملا مشهود می‌باشد (شکل‌های9و10). وجود دستجات منسجم الیاف کنف، ضریب ظاهری بالا و بهبود سطوح مشترک دو فاز سبب افزایش در مدول‌الاستیسیته، مقاومت و تغییر طول در حالات کششی و خمشی و بالا رفتن مقاومت به ضربه بدون فاق در چند سازه‌های غیر هیبرید الیاف کنف و چند سازه‌های هیبرید با درصد بیشتری الیاف کنف نسبت به چند سازه‌های هیبرید و غیرهیبرید آرد چوب شده است (شکل‌های11و12). وجود دستجات الیاف کنف در کنار یکدیگر با توجه به دسترس بودن زنجیرهای سلولزی آنها و همچنین احاطه شدن کامل ذرات آرد چوب توسط لایه‌ای از مواد پلیمری باعث جذب آب بیشتر الیاف کنف نسبت به ذرات آرد چوب شده‌است. هادا و همکارانش در سال 2006، کویین و فوجی در سال 2003 و فینک و همکارانش[1] در سال 2000، ریخت‌شناسی چند سازه‌های الیاف لیگنو سلولزی / پلی‌پروپیلن را به‌وسیله عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی مورد مطالعه قرار دادند. ریزنگارها جهت‌گیری، پخش و پراکندگی تقویت کننده‌ها را نشان دادند و مشخص شد وجود جفت‌کننده، انتقال تنش بین ماده زمینه و الیاف، و همچنین پخش و پراکندگی تقویت کننده‌ها را در ماده زمینه پلی‌پروپیلن بهبود می‌بخشد [8، 6 و5].

در جمع‌بندی می‌توان اظهار داشت، چند سازه‌های هیبرید حاوی درصد بیشتری الیاف کنف نسبت به ذرات آرد چوب مقاومت کششی و خمشی بالاتری را نشان می‌دهند که علت، ضریب ظاهری بالاتر الیاف کنف می‌تواند سبب خنثی‌کردن بیشتر تنش در ماده زمینه پلیمری گردد. الیاف کنف با داشتن مدول‌الاستیسیته و ضریب ظاهری بالاتر نسبت به ذرات آرد چوب، سبب افزایش مدول‌الاستیسیته کششی و خمشی در چند سازه‌های حاوی درصد بیشتری الیاف کنف می‌شود. ماهیت پلاستیکی‌تر الیاف کنف و طول بلندتر و تعداد کمتر آنها در واحد سطح باعث افزایش تغییر طول کششی و خمشی چند سازه‌های حاوی الیاف کنف در مقایسه با چند سازه-های آرد چوب می‌شود. تعداد کمتر الیاف کنف در واحد سطح، طول و ضریب ظاهری بالاتر آنها نقاط تمرکز تنش را در ماده زمینه پلیمری چندسازه کاهش داده و سبب بالاتر بودن مقاومت به ضربه بدون فاق چند سازه‌های الیاف کنف نسبت به چند سازه‌های آرد چوب می‌باشد. به‌علت طول بلندتر و وجود دستجات منسجم الیاف کنف گروه-های هیدروکسیل زنجیره‌های سلولزی بیشتر در دسترس قرار دارند و سبب جذب آب بالاتر این چند سازه‌ها نسبت به چند سازه‌های آرد چوب می‌گردد. همچنین ریز نگارهای سطوح شکست چند سازه‌ها به‌وسیله SEM نشان داده-اند، وجود دستجات الیاف کنف عاملی برای بالا رفتن مقاومت‌ها، مدول‌های الاستیسیته و جذب آب می‌باشد، درحالی که پخش بهتر ذرات آرد چوب با طولی کمتر و احاطه کامل آنها توسط پلیمر زمینه‌ای، میزان جذب آب کمتری را به همراه داشته است.

[1] Fink et al.

فهرست منابع

1. ذبیح زاده، م. 1384. خواص مکانیکی، حرارتی و ریخت‌شناسی چندسازه‌های الیاف طبیعی / پلی پروپیلن. رساله دکتری. دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
2. قاسمی، ا و عزیزی، ح. 1385. تهیه آمیزه‌های پلی‌پروپیلن / چوب در مقیاس صنعتی. شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی
3. میرباقری، ج. 1384. پیش‌بینی و مدل‌سازی مدول‌الاستیک کامپوزیت‌های هیبرید آرد چوب – الیاف کنف / پلی پروپیلن با استفاده از خواص کامپوزیت‌های خالص. دانشکده منابع‌طبیعی. دانشگاه تهران
4. Caulfield, DF., Stark, N. 1998. Dynamic and mechanical properties of Agri – fiber based composites. Forest products society, Madison. USA. pp: 75-81.
5. Fink, CA., Caulfield, DF and Sanadi, AR. 2000. The interphase in natural fiber composites – transcrystallinity effects on thermomechanical properties. Proceeding of the 23rd annual meeting of the adhesion society.
6. Fuji, T and Qin, T. 2003. Microscopic study on the composites of wood and polypropylene. 7th International conference on wood fiber – plastic composites (and other natural fiber). Madison, Wisconsin, USA; 19-29 May.
7. Haijun, L., Mohini, S. 2003. High stiffness natural fiber – reinforced hybrid polypropylene composites. Polymer – plastics technology and engineering. Vol 42, No 5, pp: 853-862.
8. Huda, MS., Drzal, LT., Mohanty, AK. & Misra, M. 2006. The effect of silane treated and untreated – talc on the mechanical and physico – mechanical properties of polylactic acid / newspaper fiber / talc hybrid composites. Composites, Part B. Vol 38, pp: 367-379.
9. Liew, KC., Harun, J., Tahir, PM., Yusoff, MN. & Dahlan, KZM. 2000. Properties of rubber wood fiber / polypropylene composites blended at different fiber contents and fiber size fractions. J, Tropical forest products. Vol 6. No 1, pp: 21-27.
10. Mahlberg, A. 2001. Transcrystalline interphases in natural fiber / polypropylene composite. Effect of coupling agants, composites interfaces, Vol 7, No. 1, pp: 31-43.
11. Mishra, S., Naik, JB. & Patil, YP. 2004. Studies on swelling properties of wood polymer composites based on Agrowaste and novolac. J, Advances in polymer technology, Vol 23, No 1, pp: 46-50.
12. Myers, GE., Clemons, CM., Balatinecz, JJ and woodhams, RT. 1992. Effects of composition and polypropylene melt flow on polypropylene – waste newspaper composites. Antec 92 – shapping the future. Voli, Detroit, Michigan, USA; pp: 602-604. 3-7 May.
13. Qin, TF. 2002. Effect of wood powder content on properties of wood powder / polypropylene composites. China wood industry. Vol 16, No 5, pp: 17-20.
14. Roger, M., Rowell., Anand, R., Sanadi., Caulfield, DF., Rodney, E and Jacobson. 2000. Utilization of nautral fibers in plastic composites: problems and opportunities, Lignocellulosic / plastic composites. pp: 23-5.
15. Rowell, P. 2002. Advanced composites manufacturing. John willey & sons. Newyork.
16. Stark, NM. & Rowlands, RE. 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood / polypropylene composites. Wood and fiber science. Vol 35, No 2, pp: 167-174.
17. Tajvidi, M. 2005. Static and dynamical properties of a kenaf fiber – wood flour / polypropylene hybrid composite, Journal oa Applied polymer science, vol 98, pp: 665-672.
18. Yang, HS., Kim, HJ., Son, J., Park, HJ., Lee, BJ and Hwang, TS. 2004. Rice-hulk flour filled polypropylene composites: mechanical and morphological study. J, composites structures, Vol 63, pp: 305-312.