بررسی خواص مکانیکی چندسازه آرد صنوبر و بامبو –پلی اتیلن سنگین

سیاوش حسین زاده [1]، رامین ویسی [2]، عبدالله حسین زاده [3]

تاریخ دریافت: 91/9/10 تاریخ پذیرش: 92/6/6

چکیده

در این تحقیق تاثیر نوع ومقدار پرکننده های لیگنوسلولزی برویژگی های مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، دو نوع ماده لیگنوسلولزی شامل آرد صنوبر و آرد بامبو با نسبت‌های وزنی متفاوت 40 و 60 درصد با پلی اتیلن سنگین خالص مخلوط شد، همچنین برای سازگاری میان آنها، از ماده سازگارکننده مالئیک دار به میزان 2 درصد وزنی در تمام ترکیب‌ها استفاده شد. سپس چندسازه با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی ساخته شد و آزمون‌های مکانیکی، مطابق استاندارد ASTM بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان‌داد که با افزایش مقدار ماده تقویت‌کننده لیگنوسلولزی، مقاومت کششی و خمشی، مدول کششی و خمشی چندسازه افزایش یافته، در حالی‌که مقاومت‌به‌ضربه بدون فاق کاهش می-یابد.

واژه‌های کلیدی: چوب پلاستیک، پرکننده لیگنوسلولزی، پلی‌اتیلن سنگین، خواص مکانیکی

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

E-mail: hoseinzadeh_s82@ yahoo.com

2و3- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

مقدمه

توسعه محصولات چوب پلاستیک در طی سال‌های اخیر با بهره‌گیری از نقاط مشترک دانش‌فنی از دو صنعت چوب و پلاستیک رقیب جدی برای سایر صنایع کامپوزیتی در کشورهای پیشگام دارای این فناوری، درآمده‌است. استفاده از الیاف طبیعی به‌عنوان تقویت‌کننده و یا پرکننده در ساخت کامپوزیت‌های چوب پلاستیک بیش از گذشته مورد توجه بسیاری از محققین و نیز بخش عمده‌ای از صنعت به‌ویژه صنعت ساختمان‌سازی قرار گرفته‌است[5]. امروزه به‌جهت کاهش منابع جنگلی جهان و در کنار آن افزایش قیمت چوب و الوار، دانشمندان و صنعت‌گران ناگزیر به جستجوی راه‌های جایگزین و منابع ارزان‌تر ازجمله ضایعات کشاورزی و منابعی که سرعت تجدید پذیری بالایی دارند، شده‌اند[1]. ازاین‌رو طیف وسیعی از موادلیگنوسلولزی وجود دارند که می‌توانند به‌عنوان پرکننده و تقویت‌کننده در ساخت کامپوزیت‌های پلیمری قرار گیرند که این مواد را می‌توان به آرد و الیاف چوب، آرد و الیاف پسماندهای کشاورزی (کتان، کنف، بامبو، کاه، کلش، سبوس برنج و غیره) تقسیم‌بندی نمود. بنابراین بررسی مقایسه‌ای خواص کامپوزیت حاصل‌از موادلیگنوسلولزی با شکل‌های متفاوت (الیاف یا آرد) می‌تواند جهت بالابردن ارزش افزوده محصولات و کاهش هزینه‌ها، در ساخت کامپوزیت‌ها، جزو مهمترین فعالیت‌های تحقیقاتی به‌شمار آید [2و3].

کوین[1] و همکاران (2003) نشان‌دادند که با افزایش میزان پرکننده لیگنو سلولزی، سهم سلولز به‌عنوان ماده‌الاستیک در چندسازه افزایش می‌یابد و درنتیجه باافزایش پرکننده لیگنو سلولزی میزان مدول‌کششی افزایش می‌یابد [8].

جانسون[2] و همکاران(1997)، امکان استفاده از مواد لیگنوسلولزی به‌عنوان تقویت‌کننده را در کامپوزیت‌های پلاستیکی مورد بررسی قراردادند. محصول حاصل مقاومت کششی و خمشی بیشتری را نسبت‌به پلاستیک خالص از خود نشان داد [6].

سندی[3] و همکاران (2001) بیان نمودند که با افزایش مقدار آردچوب از 60 به 70 درصد مدول‌الاستیسیته خمشی افزایش می یابد ولی با بیشترشدن مقدار آرد چوب تا 80 درصد به‌دلیل بالا رفتن آرد چوب و کاهش پلاستیک، مواد مرکب به‌خوبی قادر به تحمل نیروهای تغییر شکل‌دهنده نیستند و باعث کاهش مدول الاستیسیته خمشی می‌شوند. بنابراین افزایش بیش‌ازحد آرد چوب نتیجه عکس دارد و نمونه‌ها با وارد شدن تنش به راحتی تغییر شکل می‌دهند [7].

تجویدی (1382)، در مطالعه برروی خواص مهندسی و ویسکوالاستیک موادمرکب، از پلی پروپیلن و پلی‌اتیلن به‌عنوان ماده‌زمینه و از الیاف کنف، آردچوب، سبوس برنج و الیاف روزنامه به‌عنوان تقویت‌کننده در درصدهای وزنی 25و50 درصد استفاده کرد. نتایج حاصل‌از آزمون‌های

[1] -Qin
[2]- Johnson
[3] - Sandi

استاتیکی نشان دادند که درهریک از درصدهای وزنی یادشده، بیشترین مدول‌الاستیسیته و مقاومت کششی و خمشی درمورد ترکیبات حاوی الیاف کنف و کمترین آنها درمورد ترکیبات حاوی سبوس برنج گزارش شد. همچنین در هر ترکیب باافزایش درصد الیاف مدول‌الاستیسیته و مقاومت کششی و خمشی افزایش یافتند [4].

بنابراین، هدف از این تحقیق ساخت چندسازه چوب-پلاستیک توسط آرد صنوبر و بامبو و پلی-اتیلن سنگین خالص با نسبت‌های درصد اختلاط 40 و60 درصد و همچنین بررسی ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌های ساخته شده‌بود.

مواد و روش‌ها

مواد

در این مطالعه از پلی‌اتیلن سنگین محصول شرکت صنایع پتروشیمی اراک با نام تجاری I_3 و شاخص‌جریان‌مذاب (MFI)23g/10min استفاده شد. مواد لیگنوسلولزی مورد استفاده به‌عنوان پرکننده شامل آرد صنوبر و آرد بامبو که ازمنطقه چالوس تهیه گردید که پس‌از آسیاب، ذرات باقی‌مانده برروی مش 80 به‌عنوان پرکننده انتخاب شد. همچنین از مالئیک انیدرید پیوندشده با پلی-اتیلن (MAPE) محصول شرکت کیمیا جاوید سپاهان و با نام تجاری PE-G101 در تمام نمونه‌ها استفاده شد.

روش‌ها

1- **فرآیند اختلاط**

اختلاط نمونه‌ها طبق جدول (1)، توسط دستگاه مخلوط‌کن داخلی در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران با دمای اختلاط 180 درجه-سانتی‌گراد، سرعت اختلاط 60 دور در دقیقه انجام‌شد، که پس‌از اختلاط مواد، چندسازه بی-شکل تولید شده پس‌از سردشدن دوباره آسیاب شده و به‌دستگاه قالب‌گیری تزریقی منتقل شده و این دستگاه پس‌از ذوب مجدد، ماده مذاب را به-درون قالب تزریق نموده و نمونه‌های مورد نظر تهیه شد.

شکل1- نمونه‌های ساخته شده برای انجام آزمون‌های مکانیکی

جدول 1- درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده ترکیبات مختلف مواد مرکب چوب پلاستیک

شماره تیمار	پرکننده لیگنوسلولزی		پلیمر	ماده سازگارکننده
	صنوبر	بامبو	پلی‌اتیلن	
A1	60	0	38	2
A2	30	30	38	2
A3	40	0	58	2
A4	20	20	58	2
A5	0	0	100	0

2- اندازه‌گیری خواص مکانیکی

اندازه‌گیری خواص خمشی

آزمون مقاومت‌به خمش توسط دستگاه اینسترون مدل 1186 طبق استاندارد ASTM D760 صورت پذیرفت. نمونه‌های خمشی ساخته‌شده توسط قالب‌گیری تزریقی، بر روی دو تکیه‌گاه به‌فاصله 8 سانتی‌متر از هم قرارگرفت. سرعت بارگذاری 2/5 میلی‌متر بر دقیقه در نظر گرفته شد. طبق استاندارد ابعاد نمونه‌های خمش 10×1×1 سانتی‌متربود.

اندازه‌گیری خواص کششی

آزمون کشش نمونه‌ها برطبق استاندارد ASTM D638 انجام گرفت. شکل ظاهری نمونه‌های آزمون کشش، دمبل شکل و به ابعاد 15 ×0/9×0/4 سانتی‌متربود. سرعت بارگذاری طبق استاندارد 10 میلی‌متر بر دقیقه درنظر گرفته‌شد.

اندازه‌گیری خواص مقاومت به ضربه

آزمون مقاومت‌به ضربه ایزود طبق استاندارد ASTM D256 توسط دستگاه Zwick انجام شد و ابعاد نمونه ها 6×1/3×0/6 سانتی‌متر بود.

پردازش آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها بااستفاده از نرم‌افزار SPSS در محیط Windows انجام گرفت. برای بررسی و مقایسه میانگین خواص مکانیکی تخته-ها از آزمون تجزیه‌واریانس یک‌طرفه (ANOVA) در قالب طرح کاملاتصادفی در سطح اطمینان 95 درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر مورد بررسی بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌ها در جدول 2 نشان داده شده‌است.

جدول2- تجزیه واریانس خواص مکانیکی چندسازه

خواص مکانیکی	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح F	سطح معنی دار
مقاومت خمشی	بین گروه ها	3	21/150	1/885	0/211
	درون گروه ها	8	11/222		
	کل	11			
مدول الاستیسیته خمشی	بین گروه ها	3	280564/56	2/716	0/115
	درون گروه ها	8	103283/50		
	کل	11			
مدول الاستیسیته کششی	بین گروه ها	3	45379/639	2/720	0/115
	درون گروه ها	8	16680/750		
	کل	11			
مقاومت کششی	بین گروه ها	3	26/204	20/617	0/00
	درون گروه ها	8	1/271		
	کل	11			
مقاومت به ضربه	بین گروه ها	3	811/265	2/026	0/189
	درون گروه ها	8	400/514		
	کل	11			

مدول‌الاستیسیته و مقاومت خمشی

نتایج باتوجه‌به شکل 2 و 3 نشان‌داد که با- افزایش پرکننده‌های لیگنوسلولزی مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته خمشی افزایش می‌یابد.

یکی‌از مهمترین عوامل که بر کشسانی چندسازه اثر می‌گذارد، مدول‌الاستیسیته اجزای تشکیل دهنده آن است.

میزان مدول‌الاستیسیته پرکننده‌های طبیعی نسبت‌به ترکیبات پلیمری بیشتر است. لذا با افزودن پرکننده‌های لیگنوسلولزی به ماتریس پلیمری و افزایش اتصال در منطقه بین فازی و پراکنش مناسب پرکننده‌های لیگنوسلولزی در چند سازه، میزان ترک‌های حاصل از تنش کاهش و میزان مدول‌الاستیسیته افزایش می‌یابد.

مدول‌الاستیسیته و مقاومت کششی

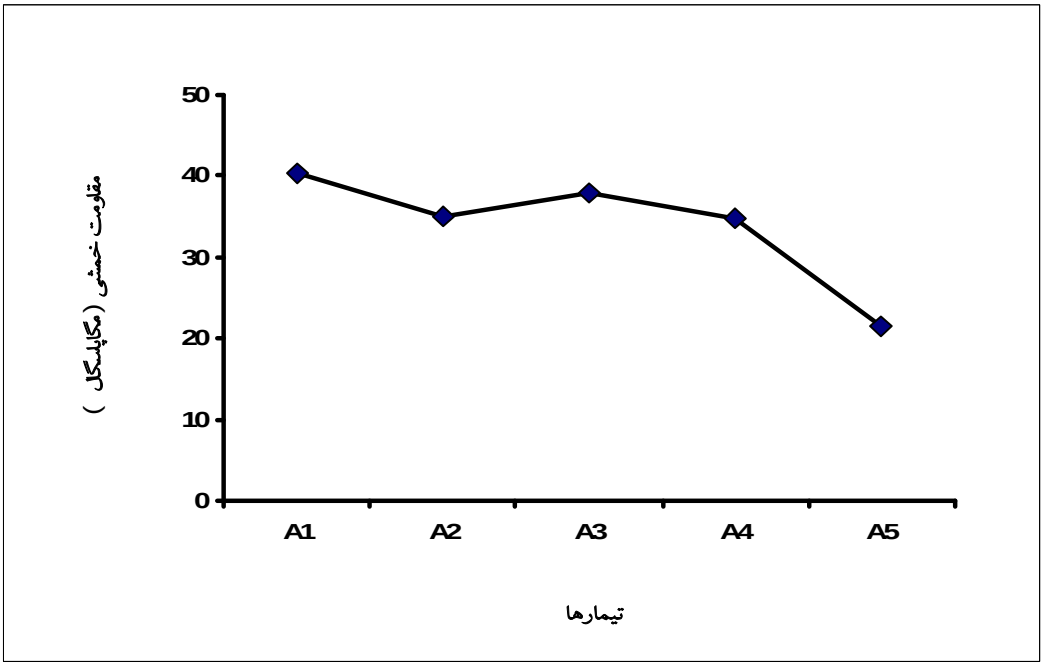
نتایج باتوجه‌به شکل 4 و 5 نشان‌داد که با- افزایش پرکننده‌های لیگنوسلولزی مقاومت و مدول‌الاستیسیته کششی افزایش می‌یابد. یکی از دلایل اصلی افزودن چوب به پلاستیک، تقویت و افزایش مدول‌الاستیسیته آنهاست .

ازطرفی پرکننده‌های لیگنوسلولزی سطح موثر بیشتری جهت اتصال و انتقال دارد و در منطقه

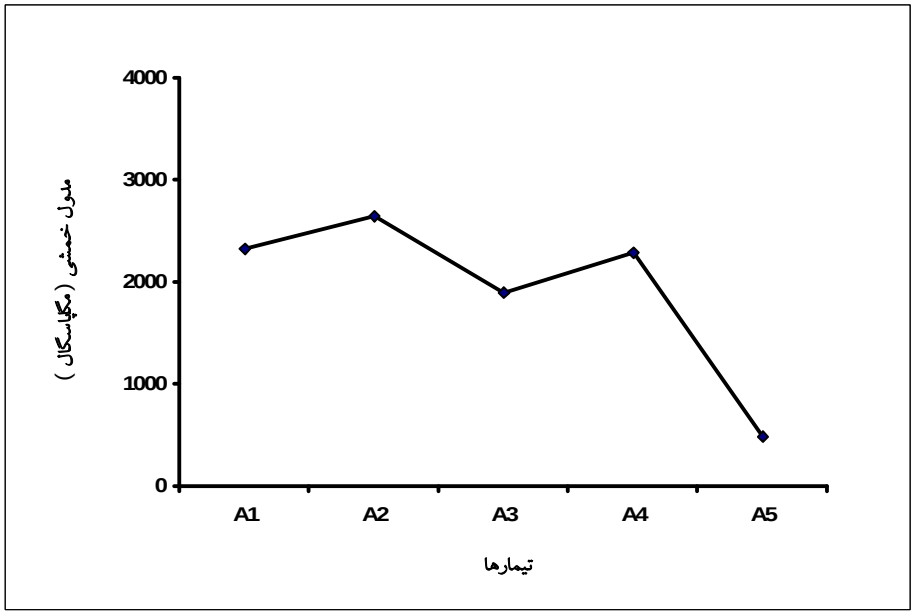
بین فازی باعث بهبود مقاومت کششی می‌گردد. با افزایش میزان پرکننده لیگنوسلولزی، سهم سلولز به‌عنوان ماده‌الاستیک در چندسازه افزایش می‌یابد و در نتیجه با افزایش پرکننده لیگنوسلولزی میزان مدول‌الاستیسیته کششی افزایش می‌یابد.

مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق

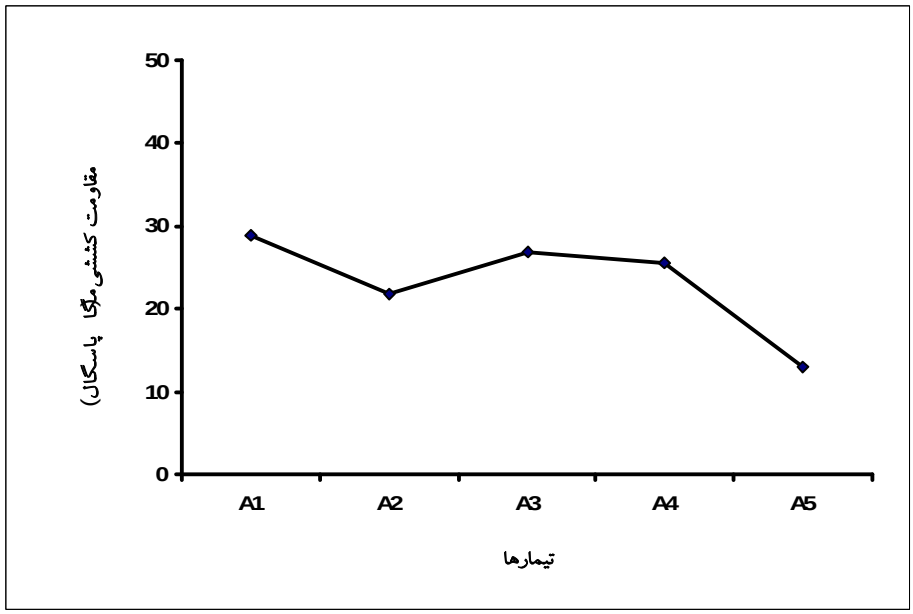
نتایج باتوجه‌به شکل 6 نشان‌داد که باافزایش پرکننده‌های لیگنوسلولزی مقاومت‌به ضربه کاهش می‌یابد. مقاومت‌به ضربه بدون فاق معرف مقاومت ماده در برابر ایجاد شکست است. بنابراین بالاتربودن مقاومت‌به ضربه بدون فاق نشان دهنده انرژی جذب شده بیشتراست[7].



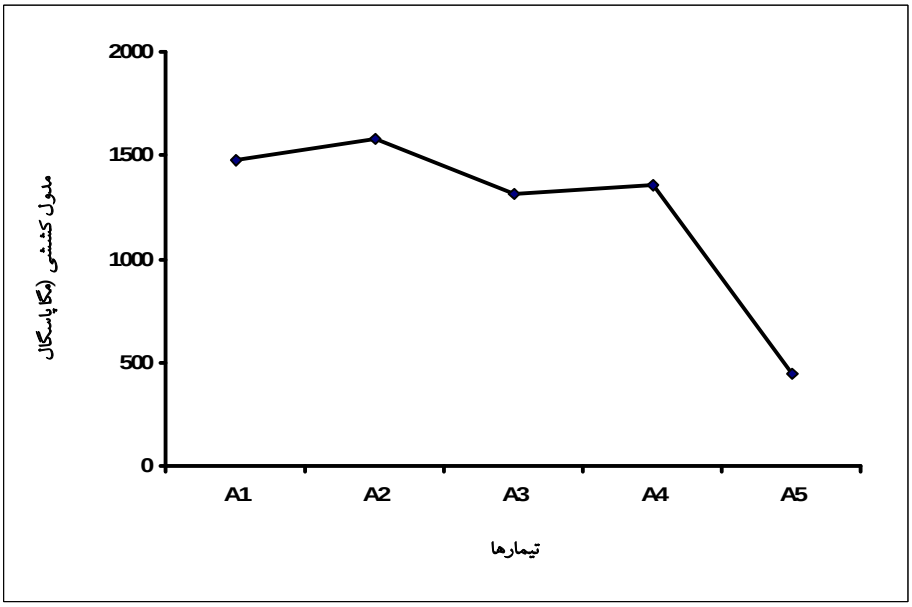
شکل 2- تاثیر پرکننده‌های لیگنوسلولزی بر مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک



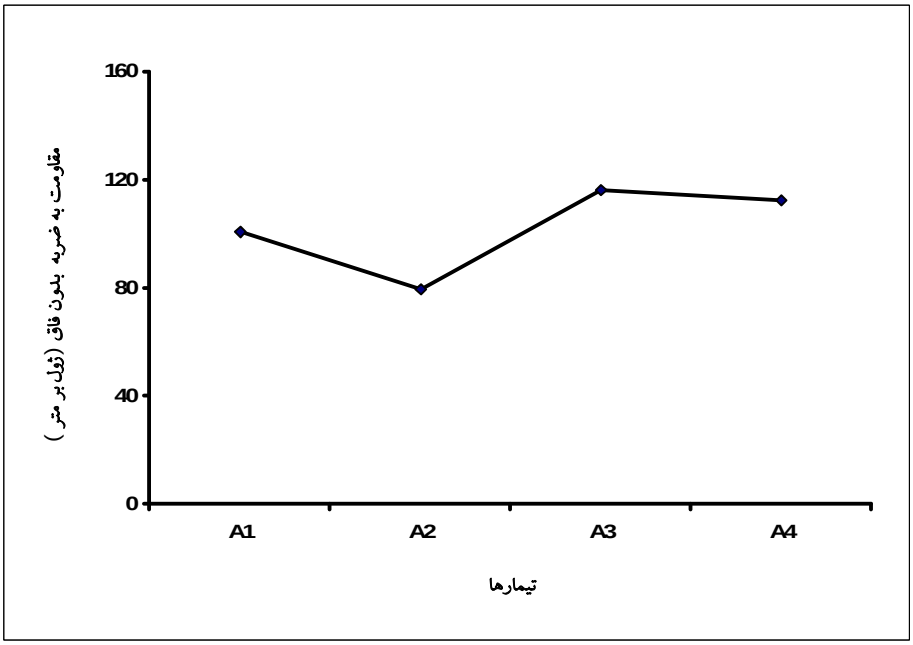
شکل 3- تاثیر پرکننده‌های لیگنوسلولزی بر مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک



شکل 4- تاثیر پرکننده‌های لیگنوسلولزی بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک



شکل 5- تاثیر پرکننده‌های لیگنوسلولزی بر مدول کشسانی چندسازه چوب پلاستیک



شکل 6- تاثیر پرکننده‌های لیگنوسلولزی بر مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک

بحث و نتیجه گیری

در این بررسی تاثیر مقدار و نوع تقویت کننده (آرد صنوبر و آرد بامبو) بر ویژگی‌های مکانیکی کامپوزیت پلیمری مورد توجه قرار گرفته‌است. نتایج این بررسی نشان داد:

1- با افزایش مقدار تقویت‌کننده، مقاومت کششی و خمشی کامپوزیت افزایش می‌یابد. مقاومت‌های مکانیکی به‌شدت به‌کیفیت سطح‌مشترک بین دو فاز کامپوزیت وابسته است، لذا انتقال تنش از ماده پلیمری به فاز تقویت‌کننده به‌وسیله این ناحیه صورت می‌گیرد.

باتوجه به این که نقش فاز ماتریس نگهداری از ماده پرکننده و انتقال نیرو به فاز ثانویه و نقش فاز ثانویه تقویت ماتریس می‌باشد، ازاین‌رو باافزایش مقدار ماده تقویت کننده میزان تنش قابل تحمل ماده مرکب بر اثروجود فاز تقویت‌کننده افزایش می‌یابد[9و10].

2- با افزایش مقدار ماده تقویت‌کننده، مقاومت‌به ضربه کامپوزیت کاهش می‌یابد. حضور مواد لیگنوسلولزی انرژی جذب شده توسط کامپوزیت را افزایش می‌دهد، از اینرو افزودن تقویت کننده مناطقی را در ماتریس پلیمری به‌وجود می‌آورد که موجب تمرکز بیشتر تنش در ماتریس پلیمری شده و نقاط شروع شکست را ایجاد می‌کند و رشد ترک را از آن ناحیه آغاز می‌کند.

این بدان مفهوم است که در کامپوزیت‌های چوب پلاستیک، شکست راحت‌تر توسعه می‌یابد، یعنی این کامپوزیت‌های شکننده‌تر هستند [15و16].

3- با افزایش مقدار ماده تقویت‌کننده، مدول-کششی و خمشی کامپوزیت افزایش می‌یابد. از آنجایی‌که بین مدول‌الاستیسیته کامپوزیت‌ها و مدول اجزای تشکیل دهنده آنها رابطه مستقیمی وجود دارد، و با درنظر گرفتن مدول‌الاستیسیته بالاتر مواد لیگنوسلولزی، افزایش مدول‌الاستیسیته در کامپوزیت مشهود است [10و12و13]. لی[1] و همکاران (2008) نشان دادند که میزان مقاومت کششی چندسازه بیشتر از پلیمر خالص می‌باشد و علت آن را اضافه شدن الیاف و خصوصیات انتقال تنش آنها دانستند [14]. در مطالعه‌ای که وانگ[2] و همکاران (2002) روی اثر میزان الیاف چوب بر خواص چند سازه حاصل از چوب و پلی‌پروپیلن داشتند نتیجه گرفتند که در سطوح بالاتر الیاف چوب دهند 40درصد مقاومت کششی چند سازه افزایش می‌یابد [11].

[1] - Lee

[2] - Wang

منابع

1- جزایری،ب.1385.الیاف طبیعی و نقش آن در تولید کامپوزیت های چوب پلاستیک ،مجموعه مقالات همایش چوب پلاستیک،دانشگاه صنعتی امیرکبیر،دانشکده پلیمر.

2- نوربخش،امیر.1383.بررسی اثر عوامل متغییر ساخت بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت های الیاف چوب-پلیمر و بررسی اتصالات ایجاد شده بوسیله طیف سنجی .رساله دکتری،دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

3- نعیمیان،نوید.1386.بررسی خواص چندسازه های هیبرید الیاف کنف –آرد چوب /پلی پروپیلن. رساله دکتری،دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

4- تجویدی،مهدی.1382.بررسی خواص مهندسی و ویسکوالاستیک مواد مرکب حاصل از پلیمرهای گرمانرم و الیاف طبیعی با استفاده از تحلیل دینامیکی،مکانیکی،رساله دکتری،دانشکده منابع طبیعی،دانشگاه تهران.

5- Agarwal B.D.and Broutman L.J., Analysis and Performance of fiber composites.John Willy & Sons.Inc,USA,1980

6 _Johnson, D.A., R. Jacobson and W. D. Maclean, 1997. Wheat straw as a reinforcing filler in plastic composites, May 12-14, Madison, WI, USA

7–SandiA.R.,Hunt,J.F.,Caulfield,D. F.,Kovacsvolgyi,G.andDestree,B., 2001.,High fiber-low matrix composites:Kenaffiber/polypropylene.T he sixth international conference on wood-fiber composites.Forest product society: 121-124

8- Qin, T.F., Li, G.Y; and H. Yasunori. , 2003, Dynamic Mechanical Properties of Wood Powder/ polypropylene Composites.Journal of Chinese Forestry Science and Technology,2(1):52-55

9-George, J., Sreekala, M.S., and Thomas, S., 2001. A review oninterface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites, Polymer engineering and Science, 41(9):1471-1485.

10-Oksman, K., and Clemon, C. 1998. Mechanical properties and morphology of impact modified polypropylene-woodflour composites, Journal of Applied Polymer Science, 67(9): 503-1513

11- Wang,Z.,Guo,W.J.and X.Xu., 2002,Effect of Wood varibles on the Properties of Wood fiber/ Polypropylene Composites,Journal of Chinese Forestry Science and technology,1(4):43-50

12-Kokta, B.V., and Maladas, D., 1990. Composites of Polyvinyl Chloridewood fibers. Journal of Polymer Plastic Technology, 20 (1-2) 87-118.

13-Stark, N.M., Rowlands, R.E., 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/ polypropylene composites, Wood and Fiber Science 35(2):167-174

14–Lee,M.W.,Ho,S.Y.,Lim,K.P.,Ng ,T.TandY.Kjuay.,2008,Development of biocomposited with improved mechanical properties,SIMTech technical reports (STR),9(3):115-118

15-Oksman, K., and Lindberg, H. 1998. Influence of thermoplastic elastomers on adhesion in polyethylene-wood flour composites, Journal of Applied Polymer Science, 68(11): 1845-1855

16-Raj, R.G., Kokta, B., Gruleau, G., and Daneault, C., 1990. The influenceof coupling agents on mechanical properties of composites containing cellulosefillers, Journal of Polymer Plastic Technology Engineering, 29(4): 339-353.