

## بررسی اثر ماده معدنی تالک بر خواص مقاومتی چندسازه پلی پروپیلن / آرد چوب

عبدالله حسین زاده<sup>1</sup>، جواد مدانلو<sup>2</sup>، وحید نذکر رضایی<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 89/7/15 تاریخ پذیرش: 90/3/22

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثر ماده معدنی تالک بر برخی ویژگی‌های مقاومتی چندسازه هیبریدی ساخته شده از پلی پروپیلن / آرد چوب بود. در ساخت چند سازه‌ها از سه نسبت 40، 50 و 60 درصد وزنی آرد چوب با پلی پروپیلن استفاده شد و تالک نیز در دو نسبت 10 و 15 Phc به ماتریس اضافه گردید و MAPP نیز به میزان 3 Phc در تمام آزمایشات ثابت در نظر گرفته شد. ابتدا مواد به وسیله دستگاه گرانول‌ساز تبدیل به گرانول شده سپس به کمک دستگاه آسیاب خرد و پس از آن وارد دستگاه تزریق شدند تا نمونه‌های لازم برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی ساخته شود. نمونه‌های تولی شده مطابق با استانداردهای ASTM، مورد آزمون‌های مکانیکی کشش، خمش و ضربه قرار گرفتند. سپس نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری واقع شدند. نتایج نشان دادند که استفاده از تالک در چندسازه پلی پروپیلن / آرد چوب سبب افزایش مدول الاستیسیته - کششی، مقاومت خمشی، مقاومت به ضربه و ازدیاد طول تا پارگی می‌شود، اما مقاومت کششی را کاهش می‌دهد. در ضمن افزودن ماده تالک و آرد چوب به ماده زمینه‌ای پلیمری سبب هم‌افزایی مدول الاستیسیته خمشی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** چندسازه، مدول الاستیسیته کششی، مدول الاستیسیته خمشی، ازدیاد طول تا پارگی، مقاومت به ضربه، ذرات تالک

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

2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ

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

## مقدمه

ایجاد می‌کنند. در یک چند سازه به‌طور کلی الیاف، عضو بارپذیر هستند درحالی‌که ماتریس، آن‌ها را در محل و آرایش مطلوب نگاه‌داشته و به‌عنوان یک محیط منتقل‌کننده بار بین الیاف عمل می‌کند [10]. پرکننده‌ها (تقویت‌کننده‌ها) به دو دسته پرکننده‌های آلی شامل آرد و الیاف چوب و پسماندهای کشاورزی و ضایعات حاصل از انواع کاغذ و پرکننده‌ها معدنی شامل تالک، کربنات کلسیم، خاک رس و الیاف سنتزی (الیاف شیشه، الیاف کربن و آرامید) تقسیم می‌شوند. در این میان پرکننده‌های معدنی که در ابتدا بیشتر مورد استفاده بودند، سبب بهبود قابل‌ملاحظه خواص مکانیکی چندسازه می‌شدند؛ اما با توجه به قیمت کم‌تر، سبک‌تر بودن و سایش کمتر تجهیزات تولید و نیز تجدید شوندگی، تمایل به استفاده از پرکننده‌های آلی فزونی یافته‌است [2 و 3]. یکی از روش‌های بهبود خواص چندسازه‌های چوب پلاستیک، ساخت مواد مرکب هیبرید است. در واقع برای استفاده از مزایای هر دو نوع پرکننده آلی و معدنی می‌توان آن‌ها را در یک ماتریس یکسان ترکیب کرد تا چندسازه هیبرید تولید نمود [5]. پژوهشگران زیادی روی خواص فیزیکی و مکانیکی این مواد مطالعه کرده و سعی کرده‌اند تا ارتباط منطقی بین خواص چندسازه و عوامل موثر از قبیل شرایط اختلاط، فرمول‌بندی آمیزه، نوع و ساختار چوب و... به‌دست آورند. تجویدی<sup>3</sup> (2005) چندسازه‌های هیبریدی ساخته‌شده از آرد چوب و الیاف کنف در ماتریس پلی‌پروپیلن را مورد مطالعه قرار داد و بیان داشت که با هیبرید آرد

رشد و توسعه همراه با تغییر ساختار جوامع سبب گردیده‌است که نیاز به مواد با خواص و کاربردهای متفاوت به‌شکل روزافزونی افزایش یابد و کمبود مواد اولیه و یا عدم انطباق آنها با نیازهای کنونی سبب شده‌است که صاحبان صنایع همواره به‌دنبال مواد با خواص کیفی و کمی مطلوب باشند. در این میان، چندسازه‌ها<sup>1</sup> توانسته‌اند که بسیاری از کمبودها را جبران کرده و نقش ارزشمندی را در راه تکامل مواد مهندسی به‌خود اختصاص دهند. چند سازه‌های چوب‌پلاستیک<sup>2</sup> گروه جدیدی از مواد هستند که در بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، در حال تولید و توسعه‌اند. در ساخت این چندسازه‌ها گستره وسیعی از پلیمرها مثل پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌ونیل‌کلراید، پلی‌استر و ... به همراه پرکننده‌های سلولزی شامل آرد چوب، الیاف-چوب، کتان، کنف و... مورد استفاده قرار می‌گیرد [8]. در چند سازه‌ها عموماً دو جزو متمایز با نام فاز پیوسته (ماتریس) و فاز ناپیوسته (تقویت‌کننده یا پرکننده) وجود دارد و فرآورده حاصل در مجموع خواص بهتری از هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده خود دارا می‌باشد. فاز ناپیوسته معمولاً سخت‌تر از فاز پیوسته است و غالباً سه دسته کلی از مواد شامل ذرات پودری، ذرات صفحه‌ای و الیاف در این فاز استفاده می‌شوند [12 و 15]. مواد تقویت‌کننده که به ماتریس اضافه می‌شوند؛ خصوصیات ویژه‌ای را در چندسازه

<sup>1</sup>. Composites

<sup>2</sup>. Wood Plastic Composites

<sup>3</sup>. Tajvidi

پلیمری بهبود یافته و برخی دیگر مانند مقاومت- کششی، تغییر طول تا پارگی و مقاومت به ضربه کاهش می‌یابند [1، 4، 13 و 17]. خاطر نشان می‌گردد که به کارگیری جفت کننده‌ها می‌تواند سبب هم‌افزایی اثرات مطلوب پرکننده‌های لیگنوسلولزی (مانند آرد و الیاف چوب) حتی در نسبت‌های بالاتر مصرف بر چندسازه گردد [9 و 10].

هدف از این مطالعه بررسی اثر استفاده از ماده معدنی تالک به همراه پرکننده آرد چوب بر ویژگی‌های مقاومتی چندسازه هیبریدی ساخته شده از پلی‌پروپیلن، آرد چوب و نیز اثر نسبت‌های ترکیب مواد بر خواص مورد نظر بود.

## مواد و روش‌ها

### ترکیب مواد برای ساخت چندسازه

باتوجه به هدف این مطالعه، از ترکیب آرد چوب به عنوان پرکننده لیگنوسلولزی در سه نسبت وزنی 40، 50 و 60 درصد و ذرات تالک به عنوان پرکننده معدنی در سه مقدار 0، 10 و 15 درصد وزنی از کل (Phc<sup>3</sup>) در ماده زمینه پلی-پروپیلن برای ساخت نمونه‌های آزمایشی چندسازه‌ها استفاده شد. در تمامی تیمارها مقدار 3 Phc، مالیک انیدرید جفت شده با پلی‌پروپیلن (MAPP<sup>4</sup>) به عنوان سازگار کننده به کار رفت. تیمارهای حاصل از نسبت‌های مختلف عوامل متغیر در جدول 1 آرایه شده است.

چوب و الیاف کنف می‌توان مواد مرکبی ساخت که از لحاظ ویژگی‌های مکانیکی (کششی و خمشی) حد واسط مواد مرکب کنف/ پلی‌پروپیلن و آرد چوب/ پلی‌پروپیلن باشد [15]. سانجیف<sup>1</sup> و همکاران (2010) در یک بررسی چندسازه هیبرید چوب پلاستیک با تالک به روش قالب‌گیری تزریقی را مورد آزمایش قرار داده و نشان دادند که استفاده از 20 درصد وزنی آرد چوب به همراه 20 درصد وزنی نانو تالک به همراه جفت کننده سبب افزایش در مدول الاستیسیته و مقاومت- خمشی می‌شود [14]. هاتوتوا<sup>2</sup> و همکاران (2002) برای ساخت یک نوع چندسازه 15 درصد تالک طبیعی را با مقادیر از صفر تا 60 درصد پوسته برنج و پلی‌پروپیلن مخلوط نمودند. نتایج آزمایش‌های مکانیکی نشان داد که استفاده از این پرکننده‌ها در مجموع به همراه پلی‌پروپیلن سبب افزایش مدول الاستیسیته کششی و خمشی شده و مقاومت خمشی و تغییر طول تا پارگی را کاهش می‌دهد. در ضمن چندسازه‌های پوسته برنج/ پلی‌پروپیلن، مدول‌های الاستیسیته کششی و خمشی کمتری از چندسازه‌های پوسته برنج/ پلی-پروپیلن حاوی تالک داشتند [6]. در رابطه با اثر مقدار مواد چوبی و لیگنوسلولزی بر خواص- مکانیکی چندسازه‌های حاصل نیز مطالعه‌های فراوانی صورت گرفته و نتایج نشان داده است که با افزایش نسبت ترکیب این مواد در چندسازه در محدوده معین (40 تا 65 درصد) معمولاً برخی خواص مکانیکی مانند مدول‌های الاستیسیته کششی و خمشی و سختی در مقایسه با ماده

<sup>3</sup> . Per hundred compound

<sup>4</sup> . Polypropylene grafted maleic anhydride (PP-g-MA)

<sup>1</sup> . Sanjeev

<sup>2</sup> . Hattotuwa

جدول 1- نسبت‌های ترکیب عوامل متغیر و تیمارهای حاصل از آن

ردیف	پلی پروپیلن	پرکننده (آرد چوب)	تالک (Phc)	(Phc)MAPP	روان‌ساز (Phc)
1	60	40	0	3	1
2	60	40	10	3	1
3	60	40	15	3	1
4	50	50	0	3	1
5	50	50	10	3	1
6	50	50	15	3	1
7	40	60	0	3	1
8	40	60	10	3	1
9	40	60	15	3	1

**مواد****الف. پلی پروپیلن**

در این پژوهش از هموپلیمر پلی پروپیلن ساخت کارخانه پتروشیمی اراک به شماره V 30 S تولیدشده با قابلیت تزریق با شاخص جریان مذاب 18 گرم در ده دقیقه استفاده شد. MAPP مورد استفاده در این پژوهش نیز از دفتر شمال کارخانه آریا شیمی اصفهان به شکل گرانول با نام صنعتی PPG101 تهیه گردید. همچنین از اسید استئاریک صنعتی، به عنوان روان‌ساز و به منظور سهولت در پیشبرد عملیات ساخت، به مقدار معین Phc 1 در تمام تیمارها استفاده شد.

**ب. آرد چوب**

آرد چوب مورد استفاده در این تحقیق از شرکت دیبا تهیه شد که به شکل صنعتی و از مخلوط چوب سوزنی‌برگان با مش‌بندی بین 20

تا 100 تولید می‌شود. پس از الک‌کردن از آرد چوب باقی‌مانده روی مش 40 استفاده شد. آرد چوب تهیه شده قبل از آزمایش در دستگاه اتو در دمای  $2 \pm 103$  درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت نگهداری شد تا خشک شود.

**ج. ذرات تالک**

در این بررسی از ذرات تالک صنعتی استخراجی از معدن همدان با فرمول شیمیایی  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$  استفاده شد که بر اساس اطلاعات به دست آمده از 0/5 تا 13% اکسید کلسیم (CaO)، 25 تا 30% اکسید منیزیم (MgO)، 45 تا 65% دی‌اکسید سیلیسیم ( $SiO_2$ ) به همراه مقدار کمی اکسید آلومینیم ( $Al_2O_3$ ) و اکسید آهن ( $Fe_2O_3$ ) تشکیل شده و دانسیته آن 2/7 تا 2/9 ( $g/cm^3$ ) بود. ضریب سطحی تالک مورد استفاده نیز 3 تا 35 ( $m^2/g$ )، مقدار رطوبت

مذاب خارج شده و پس از انتقال به پرس دستی و تبدیل به صفحات توده‌ای و خنک‌شدن در هوای آزاد، داخل کیسه‌های شماره‌گذاری شده قرار گرفتند. صفحات توده‌ای مذکور سپس به وسیله آسیاب خردشده و به ذرات گرانول به قطر کمتر از 10 میلی‌متر تبدیل شدند. گرانول‌ها در ادامه و پس از نگهداری در دستگاه اون به مدت 24 ساعت و در دمای 70 درجه سانتی‌گراد برای ساخت نمونه‌های آزمون‌های مکانیکی به دستگاه تزریق تغذیه شدند. این دستگاه مواد را در دمای 160 درجه سانتی‌گراد ذوب کرده و به داخل قالب‌هایی تزریق نمود که براساس آیین‌نامه‌های D638، D790 و D256 استاندارد ASTM به ترتیب برای آزمون‌های کشش، خمش و ضربه فاق‌دار مورد استفاده قرار گرفتند. در پایان این مرحله نمونه‌ها شماره‌گذاری و آماده انجام تست‌های مکانیکی بودند.

#### اندازه‌گیری خواص مکانیکی

##### الف. آزمون کشش

مطابق آیین‌نامه، آزمون کشش نمونه‌های دمبلی شکل به ابعاد:  $15 \text{ cm} \times 0.9 \times 0.4$  (طول  $\times$  عرض  $\times$  ضخامت) با سرعت بارگذاری 5 میلی‌متر در دقیقه انجام شده و مدول الاستیسیته-کششی، حداکثر مقاومت کششی و درصد ازدیاد طول تا نقطه پاره‌شدن به دست آمد. آزمایش نمونه‌ها توسط دستگاه تست کشش (TENSIL TEST) در موسسه جهاددانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف انجام گرفت.

آن 0/1 تا 0/6% و متوسط اندازه ذرات آن 1/5 تا 15 میکرومتر ( $\mu\text{m}$ ) بیان شده‌است.

#### روش ساخت نمونه‌ها

در این مطالعه برای ساخت نمونه‌های چندسازه از دستگاه‌های: (1) مخلوط‌کن (رئومیکس) ساخت شرکت هکه<sup>1</sup> (مدل: HBI system 90)؛ (2) خردکن وایزر<sup>2</sup> (مدل: WG-LS200/200) و (3) قالب‌گیر تزریقی (مدل: EM 80) متعلق به آزمایشگاه پژوهشکده پلیمر ایران استفاده شد. دستگاه مخلوط‌کن وظیفه مخلوط کردن مواد در حرارت تعیین شده در زمان تقریباً ثابت (12 دقیقه) را بر عهده داشت. برحسب ویژگی‌های پلی‌پروپیلن دما روی  $180^\circ\text{C}$  ثابت در نظر گرفته شد. بعد از رسیدن دما به نقطه مورد-نظر دو مارپیچ با سرعت 50 دور در دقیقه به-حرکت در آمد و با توجه به تیمارهای مورد نظر و پس از توزین مواد، گرانول‌های پلی‌پروپیلن به-داخل محفظه 240 گرمی دستگاه ریخته شد. پس از 5 دقیقه (زمان تقریبی) که پلی‌پروپیلن به شکل مذاب در آمد. ماده جفت‌کننده انیدرید مالئیک جفت‌شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) به شکل گرانولی و اسید استئاریک به داخل محفظه اختلاط دستگاه ریخته شد و بعد از زمان تقریبی یک دقیقه ذرات تالک بر حسب تیمارهای جدول 1 و در نهایت آرد چوب به داخل محفظه اضافه گردید. پس از رسیدن به شرایط مطلوب اختلاط فیزیکی و شیمیایی ماتریس، دستگاه متوقف و خمیر

<sup>1</sup>. Hakee

<sup>2</sup>. Wieser

### ب. آزمون خمش استاتیک

آزمون خمش استاتیک سه نقطه‌ای با طول دهانه ۹ سانتی‌متر و سرعت راس بارگذاری ۵ میلی‌متر در دقیقه مطابق با آیین نامه، برای اندازه‌گیری مدول الاستیسیته (MOE) و مدول-گسیختگی (MOR) بر روی نمونه‌هایی با ابعاد:  $10 \times 1 \times 1$  cm (طول  $\times$  عرض  $\times$  ضخامت) انجام شد. نمونه‌ها توسط دستگاه DARTEC دانشگاه تربیت مدرس واحد نور با ظرفیت سلول ۵۰ کیلو نیوتن مورد آزمایش قرار گرفتند.

### ج. آزمون ضربه

این آزمون نیز مطابق آیین‌نامه، بر روی نمونه‌هایی با ابعاد:  $6 \times 1/3 \times 0/6$  cm (طول  $\times$  عرض  $\times$  ضخامت) انجام شد و مقاومت به ضربه فاقدار نمونه‌ها بر حسب ژول بر متر اندازه‌گیری شد. از دستگاه ضربه نوع IZOD استفاده گردید.

### پردازش آماری داده‌ها

برای تعیین اثر عوامل متغیر بر خواص مکانیکی نمونه‌ها، آزمایش‌ها در قالب یک طرح کاملاً-

تصادفی انجام و برای تجزیه و تحلیل آماری دوطرفه نتایج، از آزمون فاکتوریل دو عاملی متعادل استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن انجام گرفت.

### نتایج

باتوجه به عوامل متغیر و سطوح مربوطه آن‌ها و براساس اهداف این پژوهش، نمونه‌های آزمونی چوب پلاستیک شاهد و تقویت شده با ذرات تالک ساخته شدند و به منظور تعیین ویژگی-های مکانیکی شامل: مدول الاستیسیته و مقاومت کششی، تغییر طول تا پارگی، مدول الاستیسته و مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه تحت آزمون قرار گرفتند. داده‌های حاصل سپس در سطح ۱ و ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری واقع شدند.

### الف) آزمون کشش

نتایج تجزیه واریانس آزمون کشش نمونه‌های چندسازه، متاثر از مقادیر تالک و آرد چوب در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول 3- تجزیه واریانس ویژگی‌های کششی چند سازه

تغییر طول تا پارگی		مقاومت کششی		مدول الاستیسته کششی		آزمون‌ها
مقدار p	مقدار F	مقدار p	مقدار F	مقدار p	مقدار F	منبع تغییرات
** 0/0004	44/419	0/158 n.s	2/044	0/087 n.s	2/803	مقدار پرکننده چوبی A
** 0/0001	281/233	** 0/0004	52/830	0/002 **	9/184	مقدار تالک B
** 0/0006	18/952	0/002 **	6/553	0/432 n.s	1/002	A * B

n.s: معنی دار نیست

\*\* : سطح اعتماد 1%

کششی چندسازه‌های حاصل از مقادیر مختلف آردچوب تفاوت معنی‌داری یافت نشد (جدول 3).

#### تغییر طول تا پارگی

مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول 3) افزودن مقادیر تالک سبب افزایش تغییر طول تا پارگی چندسازه شد (شکل 4). این نتایج همچنین نشان داد که افزودن آردچوب به ماده پلیمری پلی‌پروپیلن سبب کاهش قابل توجهی در تغییر طول تا پارگی چندسازه‌های حاصل می‌گردد (شکل 5). در این راستا افزایش مقدار آردچوب باعث کاهش این کمیت گردید. در رابطه با اثر هم‌زمان به‌کارگیری ماده افزودنی تالک و آرد چوب، بالاترین مقادیر تغییر طول تا پارگی مربوط به تیمارهایی بود که در آنها از 10% تالک و 40% آرد چوب استفاده شده بود (شکل 6).

#### ب) آزمون خمش و ضربه

نتایج تجزیه واریانس آزمون خمش و ضربه نمونه‌های چندسازه تحت تاثیر مقادیر تالک و آرد چوب در جدول 4 ارائه شده است.

#### مدول الاستیسته کششی

براساس جدول 3 تنها مقدار تالک بر مدول کششی اثر معنی‌دار داشت و گروه‌بندی دانکن مقدار 10 و 15% تالک را در یک گروه دسته‌بندی کرد؛ ولی مقدار 10% تالک، مدول کششی بیشتری را نسبت به 15% نشان داد (شکل 1). در این رابطه مدول الاستیسته چندسازه‌های حاصل از نسبت-های مختلف آرد چوب شرایط مشابهی داشتند و اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. با بررسی اثر هم‌زمان مقادیر مختلف تالک و آرد چوب شواهدی مبنی بر اثرپذیری مدول الاستیسته چندسازه از تغییر آنها یافت نشد (جدول 3).

#### مقاومت کششی

نتایج نشان داد که افزودن مقادیر 10 و 15 درصدی ذرات تالک به‌طور یکسانی سبب کاهش معنی‌دار مقاومت کششی چندسازه‌های حاصل می‌شود (شکل 2). نتایج اثرمتقابل نیز نشان داد که چندسازه‌های فاقد ماده تالک و دارای 40% آرد چوب بیشترین مقدار مقاومت کششی را داشتند (شکل 3). این در شرایطی بود که بین مقاومت-

جدول 4- تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر ویژگی‌های خمشی و مقاومت به ضربه چند سازه

مقاومت به ضربه		مقاومت خمشی		مدول الاستیسته خمشی		آزمون‌ها
مقدار p	مقدار F	مقدار p	مقدار F	مقدار p	مقدار F	منبع تغییرات
0/402 n.s	0/958	0/002 **	8/722	0/574 n.s	0/573	مقدار پرکننده A
0/003 **	8/174	**	82/162	00/450n.s	0/838	مقدار تالک B
0/208 n.s	1/638	0/279 n.s	1/385	0/029 *	3/459	A * B

\*\* : سطح اطمینان 1% \* : سطح اطمینان 5% ns : بدون احتمال معنی دار

در این رابطه بالاترین مقاومت خمشی به چندسازه واجد 60 درصد آرد چوب تعلق داشت (شکل 9). این درحالی بود که شواهدی از تغییر مقاومت - خمشی چندسازه ناشی از اثر متقابل افزودن تالک و آرد چوب یافت نشد (جدول 4).

#### مقاومت به ضربه

بر اساس جدول تجزیه واریانس مقاومت به - ضربه چندسازه‌های حاصل، در مجموع تنها اثر افزودن تالک بر این مقاومت معنی دار شده است. به طوری که افزودن 10 یا 15 درصد تالک سبب بهبود قابل توجهی در مقاومت به ضربه چندسازه گردید (جدول 4 و شکل 10).

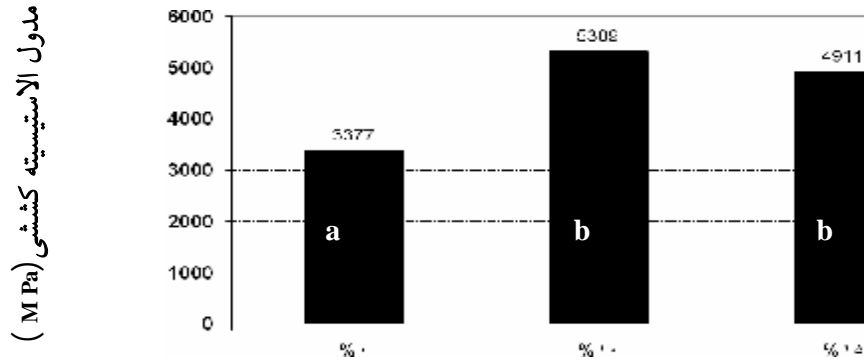
#### مدول الاستیسته خمشی

طبق نتایج حاصل، مدول الاستیسته خمشی چندسازه به طور متقابل تحت اثر افزودن مقدار تالک و آرد چوب واقع شده است (جدول 4). بر این اساس تیمارهای حاوی 15 درصد تالک و 60 درصد آرد چوب و نیز 10 درصد تالک و 50 درصد آرد چوب به ترتیب بالاترین هم‌افزایی را به دنبال داشته و بالاترین مقادیر مدول الاستیسته را حاصل نموده‌اند (شکل 7). در ظاهر مدول - الاستیسته خمشی چندسازه، تنها با تغییر مقدار تالک یا مقدار آرد چوب، تغییرات معنی داری نشان نداد.

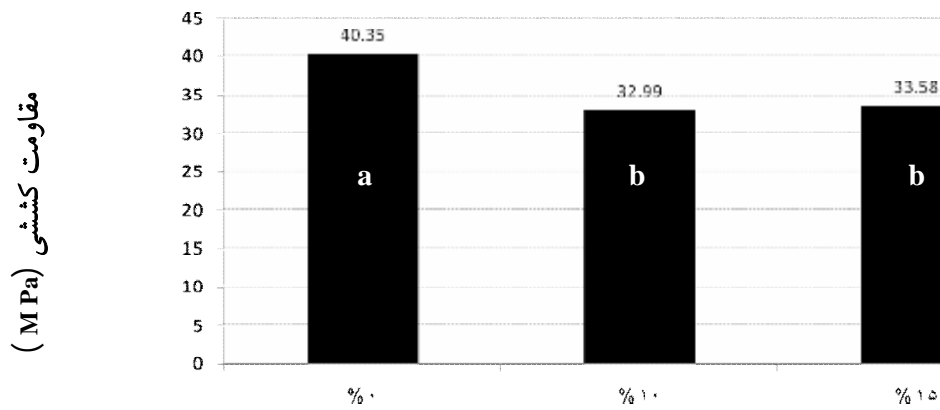
#### مقاومت خمشی

نتایج نشان داد که در مجموع افزودن ماده تالک سبب فزونی مقاومت خمشی چندسازه آرد چوب / پلی پروپیلن می‌گردد که البته بهترین نتیجه در شرایط استفاده از میزان 10 درصدی تالک حاصل شد (شکل 8). طبق نتایج، افزایش آرد - چوب به پلیمر پلی پروپیلن سبب بهبود مقاومت - خمشی آن شده و چندسازه حاصل مقادیر بالاتری از این کمیت را نسبت به پلیمر نشان داد.

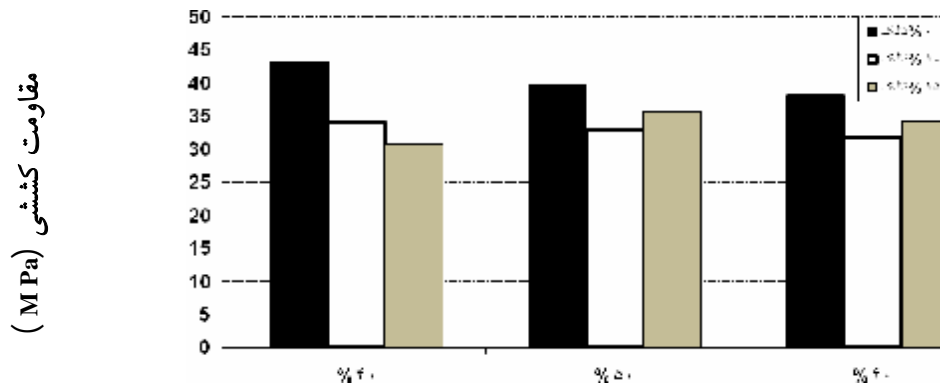




شکل ۱- اثر مقدار تالک بر مدول الاستیسیته کششی چندسازه

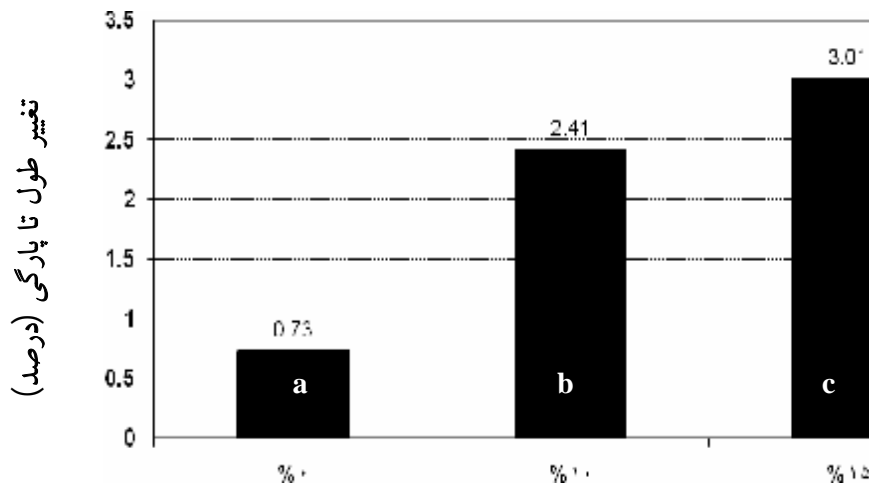


شکل ۲- اثر مقدار تالک بر مقاومت کششی چندسازه

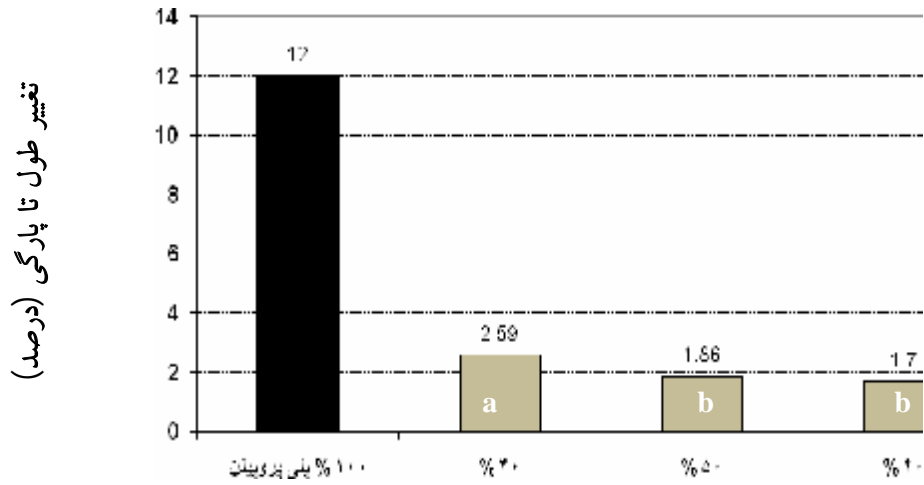


### مقدار پرکننده

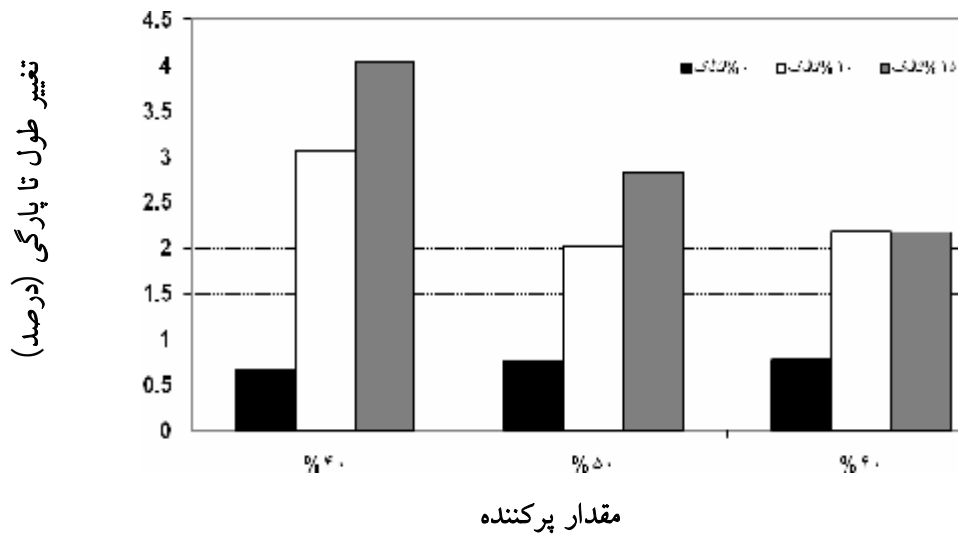
شکل ۳- اثر متقابل مقدار تالک و پرکننده بر مقاومت کششی چند سازه



شکل ۴- اثر مقدار تالک بر تغییر طول تا پارگی در آزمون کشش چندسازه



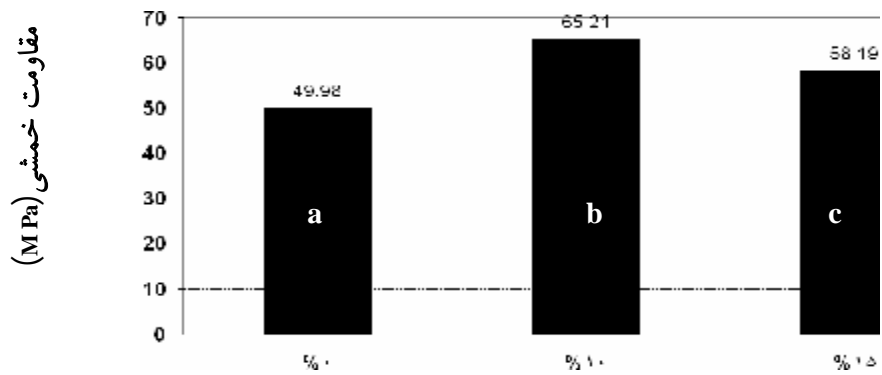
شکل 5- اثر مقدار پرکننده بر تغییر طول تا پارگی در آزمون کشش چندسازه



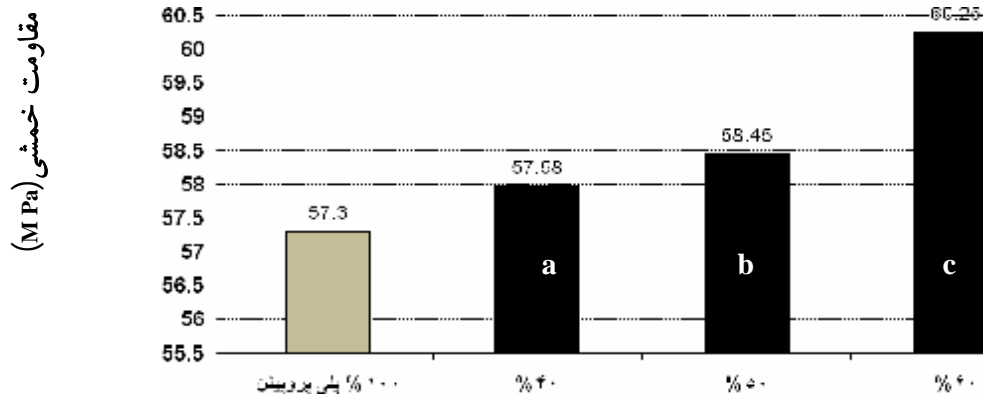
شکل 6- اثر متقابل مقدار تالک و پرکننده بر تغییر طول تا پارگی در آزمون کشش چندسازه



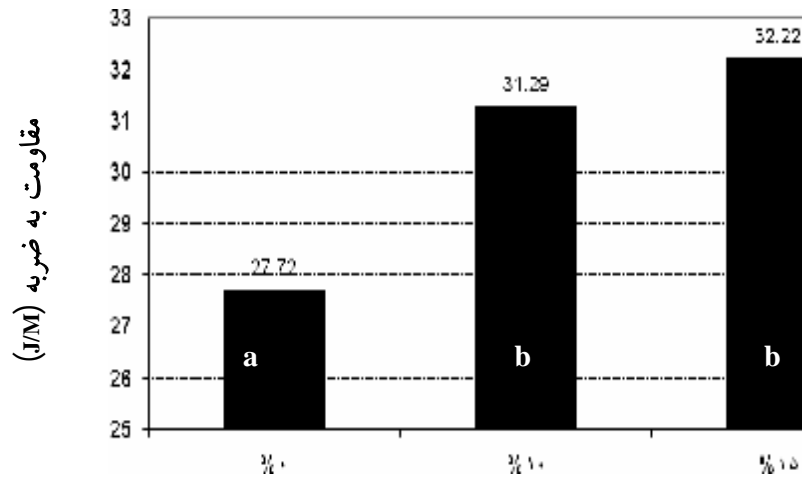
شکل 7- اثر مقدار تالک و پرکننده بر مدول الاستیسیته خمشی چندسازه



شکل 8- اثر مقدار تالک بر مقاومت خمشی چندسازه



شکل ۹- اثر مقدار پرکننده بر مقاومت خمشی چندسازه



شکل ۱۰- اثر مقدار تالک بر مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه

## بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای بررسی اثر ماده افزودنی تالک بر خواص مکانیکی چندسازه آردچوب/پلی پروپیلن، نمونه‌هایی آزمایشگاهی ساخته شده و مورد آزمون قرار گرفتند. باتوجه به نتایج، در مجموع می‌توان به صورت زیر به بحث و نتیجه‌گیری پرداخت کرد.

۱. افزودن ماده معدنی (ذرات) تالک به ماده-زمینه‌ای پلیمری پلی پروپیلن پر شده با آرد چوب در مجموع سبب افزایش مدول الاستیسیته کششی چندسازه‌های حاصل شد. از دلایل اصلی افزودن چوب و مواد معدنی به پلاستیک‌ها تقویت و افزایش مدول کششی آنهاست، زیرا مدول-الاستیسیته بالاتر ذرات چوب و ذرات و الیاف معدنی سبب افزایش مدول چندسازه می‌شود. در این زمینه نتیجه این بررسی با نتایج به دست آمده در تحقیقات دیگر مشابه بود [6 و 14]. افزودن ذرات تالک سبب کاهش مقاومت کششی چند-سازه‌های حاصل شد. نتایج اثر متقابل نیز نشان-داد که چندسازه‌های فاقد ماده تالک و دارای 40% آرد چوب بیشترین مقدار مقاومت کششی را داشتند و در کلیه شرایط افزایش نسبت آرد چوب بر شدت کاهش مقاومت کششی افزود. به‌طور کلی ماهیت چوب به صورتی است که رفتار پلیمر پلی-پروپیلن را از حالت پلاستیکی-کشسانی به حالت

شکننده تبدیل می‌کند و لذا سبب کاهش مقاومت کششی و کاهش تغییر طول تا پارگی می‌شود [10 و 14].

۲. افزودن ذرات چوب که دارای مدول-الاستیسیته بالاتری نسبت به پلیمر می‌باشند و افزایش نسبت درصدی آن به پلی پروپیلن اغلب باعث بهبود مدول الاستیسیته خمشی چندسازه حاصل شد و بنابر همان دلیل افزودن ماده تالک نیز سبب افزایش قابل توجه مدول الاستیسیته-خمشی چندسازه‌ها گردید. نتایج این بررسی با نتایج بررسی‌های مشابه هم‌خوانی دارد [6 و 14]. در این رابطه بالاترین هم‌افزایی مدول الاستیسیته خمشی مربوط به چندسازه‌هایی بود که از ترکیب 60% آرد چوب و 15% ذرات تالک ساخته شده بودند. در رابطه با مقاومت خمشی چندسازه‌ها اضافه کردن تالک در سطح 10 درصد نتایج بهتری را به دنبال داشت و این در حالی بود که در مجموع افزودن تالک مقاومت خمشی چندسازه-های حاصل را بهبود داد. طبق نتایج افزایش آرد چوب به پلیمر پلی پروپیلن سبب بهبود مقاومت-خمشی آن شد و چندسازه حاصل مقادیر بالاتری از این کمیت را نسبت به پلیمر نشان داد. افزودن تالک سبب بهبود قابل توجهی در مقاومت به ضربه چندسازه نیز گردید.

2. Abdul Khalil H. P. S., S. Hanida, and C. W. Kanga, 2007. Agro- Hybrid Composite: The Effects Mechanical and Physical Properties of Oil Palm Composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 26 (2): 203-218.

3. Ahmed S. K., S. Vijayarangan, and R. Chhaya, 2006. Mechanical Behavior of Isothalic Polyester-based Untreated Woven Jute and Glass Fabric hybrid Composites, *Journal reinforced Plastics and Composites*, 25: 1549-1569.

4. Diporović, M., J. Miljković & E. Dingova, 2006. On engineering of properties of Wood-Polypropylene composite, *biblid: 0353-4537, (2006)*, 93: 59-70.

5. Ghaus, M., Rizvi, and H. Semeralul, 2008. Glass-fiber-reinforced wood/plastic composites, *Journal of Vinil & Additive Technology*, 14: 39-42.

6. Hattotuwa G., B. Premalal, H. Ismail, and A. Baharin, 2002. Comparison of the mechanical properties of rice husk powder filled polypropylene composites with talc filled polypropylene composites, *Polymer Testing*, 21: 833-839.

7. John K. and V. Naidu, 2004. Sisal fiber/Glass Hybrid Composites: the Impact Properties and Compressive, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 23(12): 1253-1258.

8. Klyosov, A. A., 2007. Wood Plastic Composites, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Published simultaneously in Canada, No. pages: 726.

9. La Mantia, F. P., M. Morreale, 2006. Mechanical properties of recycled polyethylene eco-composites filled with natural organic fillers, *Polym. ENG. And SCI*. 46: 1131-1139.

## منابع

1. ذبیح زاده، م. و ق. ابراهیمی، 1387. مروری بر عوامل جفت‌کننده در مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرم نرم، همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ، آذر 87، گرگان.

10. Nourbakhsh A. and A. Ashori, 2008. Fundamental Studies on Wood–Plastic Composites: Effects of Fiber Concentration and Mixing Temperature on the Mechanical Properties of Poplar/PP Composite, *Science and Technology*, 5: 815-538.
11. Rizvi, G. M., C. B. Park, W. S. Lin, G. Guo and R. Pop-Iliev, 2001. Expansion Mechanisms of Plastic/Wood-Flour Composite Foams With Moisture, Dissolved Gaseous Volatiles, and Undissolved Gas Bubbles , Toronto, Ontario, Canada M5S 3G.,: 1347-1360.
12. Rozman, H.D., G.S. Tay, R.N. Kumar, A. Abusamah, H.S. Ismail and Z. Mohd, 2001. Polypropylene–oil palm empty fruit bunch–glass fibre hybrid composites: a preliminary study on the flexural and tensile properties, *European Polymer Journal*, 37: 1283-1291.
13. San, H. P., Nee. L. A., Meng, H. C., 2008. Physical And Bending Properties Of Injection Moulded Wood Plastic Composites Boards, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(5):
14. Sanjeev S., K. Amar, J. Mohanty and A. Manju, 2010. Hybrid bio-composite from talc, wood fiber and bioplastic: Fabrication and characterization. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41: 304-312.
15. Tajvidi M., 2005. Static and Dynamic Mechanical Properties of a Kenaf Fiber–Wood Flour / Polypropylene Hybrid Composite, *Journal of Applied Polymer Science*, 98: 665–672.
16. Thwe M. M., K. Liao, 2003. Durability of Bamboo-Glass Fiber Reinforced Polymer Matrix ,Hybrid Composites, *Composites Science and Technology*, 63: 375-387.
17. Yang, H. S., H. J. Kim, H. J. Park, B. J. Lee & T. S. Hawang, 2005. Water absorbtion behavior and mechanical properties of lignocellulosic filler-polyolefin bio-composites, *Journal of composites structures*, 72: 429-437.