

بازیافت مکانیکی ترکیبی پلی اتیلن ترفتالات (PET)، پلی اتیلن (PE)، پلی استایرن (PS) و پلی پروپیلن (PP) مورد مصرف در صنایع بسته بندی مواد غذایی، به منظور ساخت پانل های جداساز و ارزیابی مقاومت فشاری

زین العا بدین قنبرزاده علمداری^{1*}، علی خوانین^{2*}، مهرداد کوبی³

1- دانشجوی، دوره دکتری رشته بهداشت حرفه ای، دانشگاه تربیت مدرس

2- استاد یار، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

3- دانشیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: 87/1/19 تاریخ پذیرش: 87/2/24)

چکیده

امروزه مواد پلیمری به علت ویژه گیهای فیزیکی و شیمیایی و مقاومت مناسب در برابر صدمات مکانیکی و همچنین به علت صرفه اقتصادی نسبت به سایر مواد بسته بندی جایگاه خاصی را در صنایع مختلف غذایی و آشامیدنی و بهداشتی کسب نموده و بکارگیری این گونه مواد بسته بندی روز به روز در حال گسترش می باشد. از جمله معضلاتی را که بکار گیری این گونه مواد بر جامعه عارض می دارد تجزیه ناپذیری مواد پلیمری و بروز جنبه های منفی زیست محیطی می باشد. یکی از اهداف این تحقیق دستیابی به روشی اقتصادی در زمینه بازچرخش مواد بسته بندی پلاستیکی و تبدیل آن به ایزولاتور با کاربرد های صنعتی جدید با ارزش افزوده مناسب تر از سایر مواد تبدیلی حاصل از روشهای سنتی بازچرخش مواد پلاستیکی می باشد. در این طرح جهت تهیه نمونه های مورد آزمایش از مواد بسته بندی مواد غذایی پلی اتیلن ترفتالات، پلی اتیلن، پلی پروپیلن و پلی استایرن با سایز بندی 1 تا 5 میلی متر و 6 تا 20 میلی متر با درصد وزنی 25 درصد بطور مساوی و همچنین از الیاف پلی استر به نسبت درصد وزنی 2/5 درصد مواد پلیمری و بکارگیری رزین های بر پایه پلی وینیل استات با درصد وزنی 20 درصد مواد پلیمری در سیلندر های با نسبت یک به یک قطر به ارتفاع مورد ساخت قرار گرفته و نمونه های مورد نظر با 3 بار ساخت در شرایط یکسان و در هر بار 3 بار قالب ریزی صورت پذیرفته است. نمونه های مورد ساخت به منظور تعیین مقاومت فشاری توسط دستگاه Instron و با سرعت حرکت فکها 20 میلی متر در دقیقه تحت آزمایش قرار گرفته اند. نتایج حاصل از اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه های مورد ساخت ترکیبی PET، PE، PS، PP و الیاف پلی استر با سایز بندی 1 تا 5 میلی متر مشخص گردیده است که میزان میانگین اعمال نیرو در سه نوبت ساخت جهت تغییرات طولی در طولهای 5، 10، 15، 20، 25، 30 و 35 و 40 میلی متر نمونه های مورد ساخت به ترتیب به میزان 1524، 2254، 761، 3265، 4719، 10352، 6924 و 15827 نیوتن میباشد، همچنین کلیه نتایج حاصل از اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه های مورد ساخت از PET، PE، PP، PS و الیاف پلی استر با سایز بندی 6 تا 20 میلی متر مشخص گردیده است که میزان میانگین اعمال نیرو در طولهای 5، 10، 15، 20، 25، 30، 35 و 40 میلی متر به ترتیب به میزان 160، 270، 407، 603، 927، 1575، 3233 و 8777 نیوتن می باشد. همچنین آزمون آماری مقایسه بین میانگین مقاومت فشاری نمونه های با سایز بندی 1 تا 5 میلی متر و 6 تا 20 میلی متر در تغییرات طولی 5، 10، 15، 20، 25، 30، 35 و 40 میلی متر با $\alpha=0/05$ نشانگر وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها می باشد. و نمونه های مورد ساخت با مش بندی 1 تا 5 میلی متر میزان میانگین اعمال نیروی بیشتری را نسبت به نمونه های مورد ساخت با مش بندی 6 تا 20 میلی متر از خود نشان می دهند.

کلید واژگان: بازیافت، مقاومت فشاری، پانل های ایزولاتور، پلی اتیلن ترفتالات، پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی استایرن

* مسئول مکاتبات: khavanin@modares.ac.ir

1- مقدمه

امروزه یکی از پر مصرف ترین مواد بسته بندی در صنایع مختلف، مواد پلیمری و مشتقات آنها از قبیل PP ، PE، PET و PS می باشد، که به لحاظ صرفه اقتصادی و تامین بهداشت و سلامت مصرف کنندگان بعنوان ظروف یکبار مصرف کاربرد بسیار وسیعی را در دنیای امروز پیدا کرده اند.

از جمله مزایای این نوع مواد بسته بندی می توان به:

سبک بودن، مقاوم بودن در برابر ضربات مکانیکی، ارزان بودن، حمل و نقل راحت، نفوذ ناپذیری نسبت به گاز ها و بخارات، نفوذ ناپذیری نسبت به رطوبت، تاثیر ناپذیری این مواد در برابر رطوبت های بالا، مقاومت در برابر شوک های حرارتی، مقاومت در برابر شکستن، بدون اثر جانبی بر ارگانسیم های بدن و مقاومت فشاری مناسب و خوب و بسیاری از مزایای دیگری که در عصر حاضر بکارگیری این گونه مواد را قابل توجیه نموده است [1].

بازچرخش به عنوان یک روش تکمیلی برای دستیابی به حداکثر بهره وری و افزایش کارایی، از اهمیت ویژه ای در اقتصاد ملی برخوردار است، چرا که علاوه بر جلوگیری از افزایش مصرف موجب اشتغال زایی و ایجاد صنایع وابسته می گردد، در حال حاضر روزانه در حدود 38000 تن زباله در کشور تولید میشود، به نحویکه با بازچرخش درصد قابل توجهی از آن می توان، از مزایای زیست محیطی و اقتصادی حاصله از قبیل (دستیابی به روشهای نوین و اقتصادی بازچرخش مواد پلاستیکی مورد مصرف در صنایع مختلف، دستیابی به بستر های کاربردی با ارزش افزوده مناسب مواد پلاستیکی مورد بازچرخش، طراحی و استقرار سیستم نوین مدیریت بازچرخش مواد پلاستیکی در سطح کلان کشور، ایجاد طرح های اشتغال زایی جدید، تلاش در جهت حذف روشهای بازچرخش سنتی و ایجاد زمینه های مناسب استقرار سیستم بهداشتی مناسب بازچرخش مواد پلاستیکی) بهره مند شویم، شایان ذکر است در حدود 30 تا 50 درصد زباله تولیدی متشکل از مواد پلاستیکی بوده و توجه به بازچرخش و تبدیل آنها به مواد ارزشمند، مشابه آنچه که مورد نظر این تحقیق می باشد، در سطح کلان می تواند موجب شکوفایی اقتصادی به میزان قابل توجهی گردد. متأسفانه در زمینه بازچرخش مواد پلاستیکی اقدامات صورت پذیرفته بسیار محدود بوده، تبدیل و بازچرخش این مواد بیشتر در زمینه تولید محصولاتی بوده است

که ارزش افزوده بسیاری نداشته و در بسیاری از موارد بعلت فقدان سیستمی منسجم و برنامه ریزی شده علمی، در زمینه جمع آوری و تبدیل بهداشتی مواد پلاستیکی، بعضاً مسئله بازچرخش معضلات و خطرات بهداشتی بسیاری را در پی داشته و موجب بروز مشکلات عدیده ای برای مسئولین بهداشتی و درمانی کشور گردیده است [2].

2- مواد و روشها

در این تحقیق بازچرخش مواد پلاستیکی طی مراحل ذیل صورت می پذیرد .

* فاز اول

- نحوه نمونه گیری و تهیه مواد پلاستیکی

- آسیاب مواد پلیمری نظیر پلی اتیلن ترفتالات PET، پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن (PP)، پلی استایرن (PS)

- ساین بندی مواد آسیابی

- اختلاط

- قالبگیری

- فرآیند خشک سازی

* فاز دوم

- اندازه گیری و تعیین خصوصیات مکانیکی (مقاومت فشاری) نمونه های مورد ساخت

فاز اول

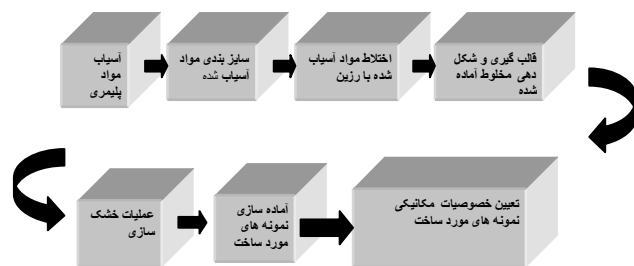
نحوه نمونه گیری و تهیه مواد پلاستیکی

در این مرحله با توجه به وسعت کاربرد هر یک از مواد پلیمری مورد نظر در طرح و بر آورد حدودی گستردگی کاربرد آنها در صنایع غذایی و آشامیدنی مختلف، تصمیم گرفته شد تا ظروف مورد نیاز از یکی از صنایع معتبر سازنده مواد بسته بندی و به صورت نمونه گیری تصادفی و به میزان مورد نیاز طرح، مورد تهیه قرار گیرد.

مرحله آسیاب مواد پلیمری

در این مرحله ظروف بسته بندی PET ، PE ، PP و PS مورد تهیه با بکار گیری سیستم آسیاب و خرد کن با قدرت آسیاب کنندگی مناسب مورد آسیاب قرار گرفته اند.

ساین بندی مواد آسیابی



دیاگرام بازیافت مکانیکی

3- نتایج و بحث

چنانچه در بخش مواد و روشها طی دیاگرام فرآیند بازچرخش مواد پلاستیکی اشاره گردید نتایج حاصل از اندازه گیریها ی مربوط به هر بخش در چهار قسمت ذیل اشاره می گردد .

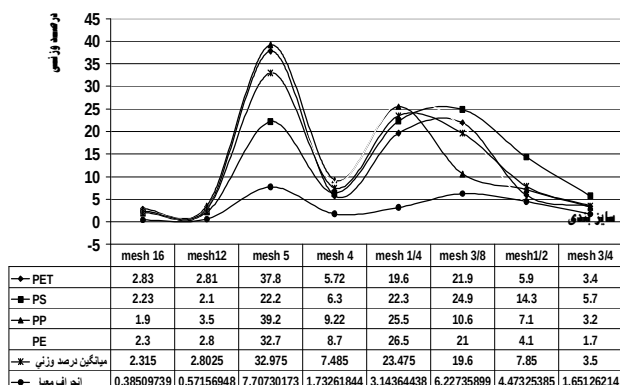
- 1- نتایج اندازه گیری سایز بندی مواد پلیمری آسیابی
- 2- نتایج اندازه گیری قطر الیاف پلی استر مورد استفاده
- 3- نتایج اندازه گیری مشخصات مکانیکی (مقاومت فشاری) نمونه های مورد ساخت

1- نتایج اندازه گیری سایز بندی مواد پلیمری

آسیابی

نتایج حاصل از سایز بندی در نمودار شماره 1 مشخص گردیده است.

نمودار مقایسه ای درصد میانگین در صد وزنی مواد اولیه آسیابی



نمودار 1 میزان درصد وزنی سایز های مختلف مواد پلیمری آسیابی (پلی اتیلن ترفتالات) PET و (پلی اتیلن) PE (پلی استایرن) PS و (پلی پروپیلن) PP

در این مرحله مواد آسیابی توسط سرند های ساخته شده مطابق با استاندارد ASTM – E11 و مطابق با استاندارد روش سرند سازی- ASTM - D – 422 2 در دو مش بندی مختلف 1 تا 5 میلی متر و 6 تا 20 میلی متر مورد ساینز بندی قرار گرفته اند[4,3].

اختلاط

در این مرحله مواد آسیابی PET (پلی اتیلن ترفتالات) ، PE (پلی اتیلن) ، PP (پلی پروپیلن) و PS (پلی استایرن) به نسبت درصد وزنی مساوی (25 درصد وزنی) در میکسر با ظرفیت مناسب به مدت 2 دقیقه بصورت خشک مورد اختلاط قرار گرفته و سپس به همراه 20 درصد وزنی رزین پلی وینیل استات با ویسکوزیته $61 \times 5 \times 10^3$ سانتی پویز یا میلی پاسکال ثانیه، [5] مطابق با استاندارد 305 – 94 C ASTM- در دو مرحله دو دقیقه ای اختلاط صورت می پذیرد.

[6] و در مرحله نهایی الیاف پلی استر با میانگین قطر بین 36 تا 40 میلی متر (در 5 نمونه مورد تهیه) به نسبت وزنی 2/5 درصد وزن کل مواد آسیابی با برش های طولی 2 سانتی متری وبا وزنه های 3 گرم 3 گرم به مخلوط افزوده گردیده و در هر مرحله 2 دقیقه عمل اختلاط توسط میکسر صورت پذیرفته است .

قالبگیری و تهیه نمونه

در این مرحله به منظور ساخت و قالبگیری نمونه های مورد نظر ، در سه نوبت مورد ساخت و در هر نوبت ساختی نیز سه بار عمل قالب ریزی صورت پذیرفته است . قالب هادرسیلندر های به نسبت حداقل 1 به 1 قطر به طول سیلندر مورد تهیه قرار گرفته اند . کلیه نمونه ها در شرایط دمایی 1+ _ 23 درجه سانتی گراد و همچنین با درصد رطوبت نسبی آزمایشگاه 2 _ + 50 مورد ساخت قرار گرفته اند .

[7]

فرآیند خشک سازی

در این مرحله کلیه نمونه های قالب ریزی شده به مدت 72 ساعت در معرض هوای آزاد و خشک قرار می گیرند و پس از طی زمان تثبیت وزنی نمونه ها جهت تعیین خصوصیات مکانیکی به آزمایشگاه مربوطه ارسال می گردند[8].

در دیاگرام ذیل فرآیند بازچرخش مشخص گردیده است

جدول 1 مقایسه میزان میانگین تحمل نیروی نمونه های مورد ساخت با فرمولاسیون PET و PE و PP و PS والیاف پلی استر با مش بندی 1 تا 5 میلی متر

میزان جابجایی و فشردگی برحسب میلی متر	میانگین تحمل نیرو برحسب نیوتن در ساخت اول	میانگین تحمل نیرو برحسب نیوتن در ساخت دوم	میانگین تحمل نیرو برحسب نیوتن در ساخت سوم	میانگین کل تحمل نیرو برحسب نیوتن در 3 بار ساخت	انحراف از استاندارد
5	696	581	1007	761	220
10	1472	1288	1811	1524	265
15	2242	2064	2456	2254	196
20	3212	3042	3541	3265	254
25	4600	4402	5155	4719	390
30	6684	6520	7568	6924	564
35	9998	9825	11233	10352	768
40	15325	14955	17200	15827	1204

جدول 2 مقایسه میزان میانگین تحمل نیروی نمونه های مورد ساخت با فرمولاسیون PET و PE و PP و PS والیاف پلی استر با مش بندی 6 تا 20 میلی متر

میزان جابجایی و فشردگی برحسب میلی متر	میانگین تحمل نیرو برحسب نیوتن در ساخت اول	میانگین تحمل نیرو برحسب نیوتن در ساخت دوم	میانگین تحمل نیرو برحسب نیوتن در ساخت سوم	میانگین کل تحمل نیرو برحسب نیوتن در 3 بار ساخت	انحراف از استاندارد
5	157	163	161	160	3
10	264	275	271	270	6
15	399	413	408	407	7
20	607	605	598	603	5
25	960	922	900	927	30
30	1701	1525	1498	1575	110
35	3560	3097	3041	3233	285
40	9763	8341	8227	8777	856

میدان الیاف پلی استر مورد قطر سنجی قرار گرفته است که در نمودار شماره 2 میزان میانگین اقطار الیاف پلی استر مشخص گردیده است. چنانچه در جدول داده ها مشخص گردیده است میزان میانگین قطر الیاف مورد کاربرد در میدانهای ده گانه مورد اندازه گیری بین 36 تا 40 میکرون تعیین گردیده است.

2- نتایج اندازه گیری قطر الیاف پلی استر مورد

استفاده

در این طرح به منظور تعیین و اندازه گیری قطر الیاف پلی استری مورد کاربرد از میکروسکوپ الکترونی با روش SEM استفاده شده است. جهت تعیین قطر الیاف پلی استر 5 نمونه برش خورده الیاف بصورت تصادفی از بین کلیه الیاف مورد مصرف مورد انتخاب قرار گرفته و پس از آماده سازی نمونه ها جهت تعیین قطر توسط میکروسکوپ الکترونی از 10 نقطه و



نمودار 3 نتایج حاصل از اندازه گیری میزان مقاومت فشاری نمونه های ساختی با سایز بندی ذرات 6 تا 20 میلی متر

ج - نتایج حاصل از مقایسه اندازه گیری میزان مقاومت فشاری نمونه های ساختی با سایز بندی ذرات 1 تا 5 میلی متر با نمونه های ساختی با سایز بندی 6 تا 20 میلی متر در جدول شماره 3 و نمودار شماره 4 مشخص گردیده است. میزان میانگین تغییرات نیروی وارده بر نمونه ها میزان میانگین کل تحمل نیروی نمونه های مورد ساخت با سایز بندی 1 تا 5 میلی متر و 6 تا 20 میلی متر با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته اند.

جدول 3 مقایسه میزان میانگین کل تحمل نیروی نمونه های مورد ساخت با فرمولاسیون PET و PE و PP و PS و الیاف پلی استر با مش بندی (1 تا 5 میلی متر) و (6 تا 20 میلی متر)

میزان جابجایی	میانگین کل تحمل نیرو / نیوتن با مش بندی 1 تا 5 میلی متر	میانگین کل تحمل نیرو / نیوتن با مش بندی 6 تا 20 میلی متر
5	761	160
10	1524	270
15	2254	407
20	3263	603
25	4719	927
30	6924	1575
35	10352	3233
40	15827	8777



نمودار 2 نتایج حاصل از اندازه گیری میزان مقاومت فشاری نمونه های ساختی با سایز بندی ذرات 1 تا 5 میلی متر

3- نتایج اندازه گیری مشخصات مکانیکی (مقاومت فشاری) نمونه های مورد ساخت

چنانچه در بخش مواد و روشها اشاره گردید در مراحل ساخت طبق طرح آزمایشات مورد نظر نمونه های مورد ساخت با دو سایز بندی 1 تا 5 میلی متر و 6 تا 20 میلی متر مشخص گردیده است .

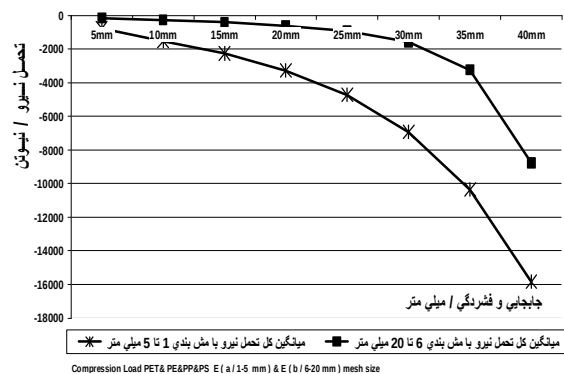
الف - نتایج حاصل از اندازه گیری میزان مقاومت فشاری نمونه های ساختی با سایز بندی ذرات 1 تا 5 میلی متر سیلندر های مورد ساخت توسط تجهیزات اندازه گیری مشخصات مکانیکی Instron مدل 6027 با Rate 20 mm/Min (سرعت حرکت فک ها) مورد آزمایش قرار گرفته اند [9، 10].

چنانچه در جدول شماره 1 و نمودار شماره 2 مشخص گردیده است . میزان میانگین تغییرات نیروی وارده 761، 1524، 2254، 3263، 4719، 6924، 10352 و 15827 نیوتن با انحراف معیار به ترتیب برابر 196، 265، 220، 390، 564، 768 و 1204 نیوتن حاصل گردیده است .

ب- نتایج حاصل از اندازه گیری میزان مقاومت فشاری نمونه های ساختی با سایز بندی ذرات 6 تا 20 میلی متر چنانچه در جدول شماره 2 و نمودار شماره 3 مشخص گردیده است . میزان میانگین تغییرات نیروی وارده بر نمونه ها به ترتیب برابر 3233، 4719، 603، 927، 1575، 270، 407، 603، 927، 1575، 3233 و 8777 نیوتن با انحراف معیار به ترتیب 3، 7.6، 30.5، 110، 285 و 856 نیوتن حاصل گردیده است .

5- منابع

- [1] Mirsaeed Ghazi Hosayn, Ebrahim zadeh Moosavi Sayyed Mohammad Ali, PET Recycling, Faculty of Agriculture, Food Industrial Department, University of Tehran.1383
- [2] Rajae, A., Sodeyfian, Gh., Mitsubishi Procedure of PET Recycling New Method, Faculty Of Engineering, University of Arak
- [3] ASTM Standard, Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes, E 11 – 95 [4] ASTM Standard, Standard Test Method for Particle – Size Analysis of Soils, D – 422 2-
- [5] ISO International Standard, Resins in the liquid state or as emulsions or dispersion – Determination of apparent viscosity by the Brookfield test method , ISO – 2555
- [6] ASTM Standard, Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency, C 305 – 94
- [7] ASTM Standard, Standard Practice for Effect of Moisture and Temperature on Adhesive Bonds, D 1151-00
- [8] ASTM Standard, Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete , C 42/C 42M -99
- [9] ISO International Standard, Plastic Determination of Compressive Properties, ISO 604 .
- [10] ASTM Standard, Standard Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in place in Cylindrical Molds, C 873 -99



نمودار 4 مقایسه نتایج حاصل از اندازه گیری میزان مقاومت فشاری نمونه های ساختی با سایز بندی ذرات 1 تا 6 میلی و 20 تا 6 میلی متر

4- بحث و تفسیر نتایج

با مقایسه کلیه نتایج حاصل از اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه های مورد ساخت با سایز بندی 1 تا 5 میلی متر مشخص گردیده است که میزان میانگین تغییرات طولی حاصل از اعمال نیرو در طولهای 5، 10، 15، 20، 25، 30، 35، 40 میلی متر به ترتیب به میزان 77/2، 81/5، 81/9، 82/2، 78/9، 44/5، 68/7 درصد میزان نیروی اعمالی بیشتری را جهت تغییرات طولی مشابه نیاز داشته و مقاومت فشاری مناسب تری را نسبت به نمونه های مورد ساخت با سایز بندی 6 تا 20 میلی متر از خود نشان می دهند . و به منظور کاربرد های صنعتی از جایگاه مناسب تری برخوردار می باشد .

همچنین آزمون آماری مقایسه بین میانگین های میزان مقاومت فشاری نمونه های با سایز بندی 1 تا 5 میلی متر با نمونه های با سایز بندی 6 تا 20 میلی متر در تغییرات طولی 5، 10، 15، 20، 25، 30، 35 و 40 میلی متر نشانگر وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها می باشد .

Mechanical combined recycling of PET & PE & PS and PP used in packaging industries for manufacturing isolating panel and assessment of compressive strength

Ghambarzade Alamdari, Z.^{1*}, Khavanin, A.², Kokabi, M.³

1-Department of Occupational & Environmental Health, University of Tarbiat Modares, Faculty of Medicine

2- Department of Occupational & Environmental Health, University of Tarbiat Modares, Faculty of Medicine

3 -Department of Polymer and Material Engineering University of Tarbiat Modares, Faculty of Engineering

Today polymeric materials due to suitable strength against mechanical impacts and also economical benefit as compared with other packaging materials has been specific situation in more industries, also at present use of such material day to day are developing. One of the impacts which occur due to use of plastics material on the society and environment, is non decomposition of them, that cause to appear environmental problems. One of the targets of this investigation is access to economical method to recycling of plastics packaging material to produce best worthy material than traditional recycling methods. In this study to manufacturing samples, we use PET & PE & PP and PS packaging material from one of mass production plastics industries, after grinding, with mesh size 1 to 5 mm and also 6 to 20 mm with equally 25 wt. %. and also use polyester fiber with 2.5 wt.% and polyvinyl acetate was used as the composite binder added with 20 wt.%, for preparing final mixture, mentioned materials in three times separately in three stage mixed and was moulded in three series mould of 1/1 ratio: diameter / length of cylinders. After preparing of samples, samples tested with INSTRON - 6027 Type instrument with 20 mm / Min speed of pressing plate. The result of determination of compressive strength of samples has shown that 1 to 5 mm particle mesh size indicated that the mean of variation of sample length due to compress at 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 mm was, with arrangements 761, 1524, 2254, 3265, 4719, 6924, 10352 and 15827 N. Also the result of determination of compressive strength of samples has shown that 6 to 20 mm particle mesh size indicated that the mean of variation of sample length due to compress at 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 mm was, with arrangements 160, 270, 407, 603, 927, 1575, 3233, and 8777 N, has needed load force for compression. Also as compared the mean of compressive force load samples with 1 to 5 mm mesh size has needed more compressive load / N with arrangement of 81.9, 81.3, 77.3 and 44.5 % as compared with samples that manufacture with 6 to 20 mm mesh size particle. Also results of t-test for comparing means showed that mean difference with $\alpha=0.05$ for samples that made with particle size 1 to 5 mm and 6 to 20 mm / mesh size variation in two groups samples length and needed compressive load was significant.

Key words : Recycling, PET & PE & PP & PS, Isolating panel, Compressive strength

*Corresponding author : khavanin@modares.ac.ir