بررسی ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چند سازه های حاصل از الیاف روزنامه بازیافتی و الیاف شیشه با پلی پروپیلن

علی قاسمیان*[۱]، منیره ایمانی[۲] و علیرضا شاکری[۳]

[۱] دانشیار صنایع خمیرو کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۲] کارشناس ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۳] دانشیار شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

چکیده

در این مطالعه، الیاف کاغذ روزنامه بازیافتی و الیاف شیشه با ترکیب های صفر تا ۵۰ درصد وزنی با پلی‌پروپیلن (PP) در دو سطح ۶۰ و ۵۰ درصد مخلوط شده و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه های حاصل مقایسه شدند. براساس معادلات نرمال سازی محاسبه شده، نتایج حاصل نشان داد که تیمار شماره ۲ (۱۰درصد الیاف شیشه، ۳۰ درصد الیاف بازیافتی و ۶۰ درصد پلی پروپیلن) و تیمار شماره ۱۰ (۴۰ درصد الیاف بازیافتی و ۶۰ درصد پلی‌پروپیلن) در مجموع ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی بهتری را در مقایسه با سایر تیمارها داشتند. همچنین، تأثیر مالئیک انیدرید پلی پروپیلن دار (MAPP) در دو سطح ۰ و ۴ درصد بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه ساخته شده در ۲ تیمار بهینه مذکور بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزودن MAPP، مقادیر مدول الاستیسیته کششی، مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت به ضربه افزایش یافته است. این در حالی است که مقادیر جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه کاهش یافت. به عبارت دیگر استفاده از MAPP در مجموع موجب بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چندسازه شد.

واژه های کلیدی: کاغذ روزنامه بازیافتی، الیاف شیشه، پلی پروپیلن، ویژگی های فیزیکی، ویژگی های مکانیکی.

* نویسنده مسئول: علی قاسمیان Email: ali_ghasemian@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

پلیمرها در چند دهه گذشته جایگزین مواد و فلزات مرسوم، در کاربردهای متنوع شده اند. از آنجا که پلیمرها مزیت هایی نسبت به سایر مواد متداول دارند، استفاده از آنها در حال گسترش است. مهمترین مزیت به کارگیری پلیمرها سهولت فرآیند پذیری، تبدیل ارزان آنها و .... است. در اغلب موارد با ساخت چند سازه خواص پلیمرها با استفاده از پرکننده ها و الیاف به منظور رسیدن به استحکام و سفتی بالای مورد نیاز، اصلاح می شود (Hull و Clyne، ۱۹۹۶).

پلاستیک های گرما نرم از پر مصرف ترین انواع پلیمرها هستند. افزایش و بهبود خواص مکانیکی این مواد، همواره از اهداف تحقیقاتی گروههای مختلفی در جهان بوده است. یکی از راههای بهبود خواص آنها، تقویت این مواد با الیاف می باشد. میزان بهبود و تقویت خواص، به خواص الیاف فاز تقویت کننده، درصد الیاف استفاده شده وغیره بستگی دارد. به عنوان مثال استفاده از الیاف شیشه در نایلون باعث می شود که این محصول یکی ازفرآورده های مهندسی محسوب شود. الیاف سلولزی اخیراً مورد توجه پژوهشگران وصنعتگران قرار گرفته است زیرا مزیت این الیاف بر مواد تقویت کننده مرسوم (الیاف شیشه و غیره) اثبات شده است. الیاف کاغذ روزنامه جزو مواد لیفی ناپیوسته می‌باشند که در کامپوزیت های الیاف کوتاه به کار می‌روند. کامپوزیت های الیاف کوتاه به راحتی با انواع قالب ها شکل‌دهی می‌شوند. الیاف سلولزی به عنوان پر کننده پلیمرها، بعد از کلسیم کربنات و الیاف شیشه در مقام سوم قرار دارد (Kalaprasad و همکاران،۲۰۰۴).

از جمله دلایل پیشرفت و رشد استفاده از کامپوزیت های الیاف سلولزی، تولید محصولاتی است که در برابر رطوبت، پوسیدگی و حشرات مقاوم بوده و از پایداری ابعادی زیاد و نیز قابلیت بازیافت برخوردار هستند ولی به رقم این مزایا، هزینه زیاد این محصولات نسبت به چوب هم چنان به عنوان یک عامل محدود کننده استفاده از این محصولات مطرح می باشد. بین پلیمر گرمانرم غیرقطبی و الیاف قطبی سازگاری ناچیزی وجود دارد، بنابراین با استفاده از یک عامل شیمیایی جفت‌کننده همراه با برقراری اتصال، این دو ماده با هم سطوح مشترک بیشتری می‌یابند. امکان دارد عامل جفت‌کننده نیروهای واندروالس بین الیاف و پلیمرهای گرمانرم را به پیوند کووالانسی و یا هیدروژنی تبدیل کند (شاکری و همکاران، ۱۳۸۵؛ Thwe و Liao، ۲۰۰۰). فرآیند جفت‌شدن توسط عوامل بسیاری نظیر نوع الیاف، ماده پلیمری، روش تولید، نسبت وزنی الیاف به پلیمر و میزان ماده جفت‌کننده تحت تأثیر قرار می‌گیرد. معمولاً عوامل جفت‌کننده بر روی سطح الیاف سلولزی یا مواد گرمانرم پیوند زده می‌شوند (Lu و همکاران، ۲۰۰۰).صفارزاده و ابراهیمی (۱۳۷۹) در ساخت چند سازه از ۳ نوع الیاف آلفا سلولز خام، الیاف خام چوب و الیاف کاغذ باطله در چهار سطح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی الیاف استفاده کردند و پیشنهاد نمودند که در ساخت چند سازه الیاف پلی اتیلن سنگین به علت ارزان تر بودن می توان از الیاف کاغذ باطله استفاده کرد [۳].

Liao و Thwe (۲۰۰۲) خواص مکانیکی پلی پروپیلن تقویت شده با مخلوط الیاف بامبو و الیاف شیشه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش ۵ درصد پلی پروپیلن پیوند دار شده با مالئیک انیدرید MA-PP) به عنوان جفت کننده سبب بهبود خواص مکانیکی شد و مخلوط حاوی ۱۰ درصد الیاف شیشه و ۱۰ درصد الیاف بامبو بیشترین مدول الاستیسیته و مقاومت کششی را داشت [۸]. در این تحقیق کامپوزیت های پلی پروپیلن تقویت شده با الیاف کاغذ روزنامه بازیافتی، پلی پروپیلن تقویت شده با الیاف شیشه و پلی پروپیلن تقویت شده با مخلوط الیاف شیشه/ الیاف کاغذ روزنامه تهیه شد. اثر نسبت الیاف شیشه / الیاف کاغذ روزنامه بازیافتی واثر جفت کننده مالئیک انیدرید بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی چند سازه مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها

در این تحقیق از مواد زیر استفاده شده است:

پلی پروپیلن از شرکت پتروشیمی بندر امام خمینی با شاخص مذاب ۶ گرم بر دقیقه. پلی پروپیلن پیوند دار شده با مالئیک انیدرید[1] به عنوان ماده سازگار کننده و

[1] Maleic Anhydride Polypropylene(MAPP)

Archive of SID

www.SID.ir

جفت کننده ساخت شرکت کیمیا جاوید استفاده شد. ترکیب MAPP شامل ۰/۶ درصد مالئیک انیدرید و ۹۹/۶ درصد پلی پروپیلن بوده است. الیاف روزنامه بازیافتی از روزنامه های موجود در کشور تهیه شد. الیاف شیشه بریده شده از نوع E-glass با دانسیته g/cm3 ۲/۲۵ با طول متوسط ۱۲ میلی متر محصول شرکت اکسون[1] کره جنوبی بوده است.

آماده سازی الیاف روزنامه

کاغذ روزنامه در ابتدا در آب به مدت ۴۸ ساعت غوطه ور شده و جدا سازی الیاف در آب توسط هم‌زن آزمایشگاهی به مدت ۲ ساعت انجام گرفت. سپس الیاف روزنامه در خشک کن با دمای ۱۰۰°C به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و پس ازآسیاب کردن وعبور از الک ۵۰ مش (۳۰۰ میکرون) به کار گرفته شدند. قبل از اختلاط مواد، الیاف روزنامه بازیافتی در یک خشک کن با دمای ۱۰۰± ۳ °C به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند.

تهیه چند سازه

الیاف روزنامه و الیاف شیشه بر اساس جدول شماره ۱ توزین و سپس مخلوط شده و با استفاده از پرس گرم در سطوح مختلف از آنها چند سازه ساخته شد. ابعاد چند سازه تولیدی ۲۰×۱۵ سانتی متر بوده و پس از سرد شدن در پرس سرد، به شکل مورد نظر بر اساس استاندارد جهت بررسی خواص فیزیکی- مکانیکی برش داده شدند. برای ساخت چندسازه به روش منقطع (ناپیوسته)، از پرس آزمایشگاهی مدل OTT استفاده شد. لازم به ذکر است که بعد از قرار گرفتن سینی حاوی کیک در دستگاه پرس، ابتدا مرحله پیش پرس به مدت زمان ۵ دقیقه بدون هیچ گونه اعمال فشارتنها با حرارت ۱۸۰ درجه سانتی گراد انجام شد. بعد از این مرحله، پرس گرم تحت شرایط مدت زمان ۵ دقیقه، فشار ۳۰ بار و دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد اعمال و دهانه پرس بسته نگه داشته شد. بعد از گذشت زمان ۵ دقیقه، تخته مورد نظر برداشته شده و به ابعاد ۱۵×۲۰ سانتی متر به صورت چند سازه تولید شده و پس از قرار دادن آنها در پرس سرد به مدت ۵ دقیقه، تخته ها به مدت ۲۴ ساعت توسط گیره و پیچ دستی بسته شدند تا هیچ گونه انحنایی در آنها حاصل نشود.

اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و مکانیکی

ویژگی های فیزیکی چند سازه شامل واکشیدگی ضخامت، جذب آب و دانسیته مطابق با دستورالعمل استاندارد D ۷۵۱۹ آئین نامه ASTM اندازه گیری شدند. ویژگی های مکانیکی شامل کشش و خمش به ترتیب مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد D۴۷۶۲ و D۶۱۰۹ و مقاومت ضربه مطابق با دستورالعمل استاندارد D۲۵۶ از آئین نامه ASTM انجام شد. برای آزمون کششی و خمشی تخته ها از دستگاه شنک[2] استفاده شد. این دستگاه متشکل از ۲ فک بوده که فاصله بین دو فک ۶/۵ سانتی متر و سرعت بازگذاری مطابق استاندارد ۲ میلی متر بر دقیقه در نظر گرفته شد و با توجه به رابطه ها، محاسبات صورت گرفت. نمونه های آزمون کششی به ابعاد اسمی (طول اسمی ۱۷ سانتی متر، عرض ۱ سانتی متر و ضخامت ۰/۷ سانتی متر) در نظر گرفته شد. نمونه های آزمون خمشی مستطیل شکل و به ابعاد اسمی (طول ۱۶ سانتی متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ضخامت ۰/۷ سانتی متر) لحاظ شد. فاصله بین دو تکیه گاه، ۱۰ سانتی متر و سرعت بارگذاری مطابق استاندارد، ۴ میلی متر بر دقیقه در نظر گرفته شد. آزمون مقاومت به ضربه با استفاده از دستگاه پاندولی ساخت شرکت زویک[3] انجام شد. در این آزمون برای هر تیمار ۳ نمونه به ابعاد اسمی (۶×۱/۲×۰/۷) سانتی متر به شکل بدون شکاف طبق استاندارد تهیه و مقاومت به ضربه آنها تعیین شد. در بین تیمارهای انجام شده، ۲ تیمار به لحاظ بهترین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی انتخاب شده و با استفاده از مالئیک انیدرید پلی پروپیلن دار (MAPP) در ۲ سطح ۰ و ۴٪ مجدداً چند سازه بر اساس تیمارهای سه گانه فوق ساخته شد و اثر آن بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چند سازه بررسی شد.

[1] Exssone

[2] SCHENCK

[3] Zwick

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- درصد وزنی اجزای چند سازه در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	PP	الیاف کاغذ روزنامه	الیاف شیشه	MAPP
۱	۶۰	۴۰	۰	۰
۲	۶۰	۳۰	۱۰	۰
۳	۶۰	۲۰	۲۰	۰
۴	۶۰	۱۰	۳۰	۰
۵	۶۰	۰	۴۰	۰
۶	۵۰	۵۰	۰	۰
۷	۵۰	۴۰	۱۰	۰
۸	۵۰	۳۰	۲۰	۰
۹	۵۰	۲۵	۲۵	۰
۱۰	۵۰	۲۰	۳۰	۰
۱۱	۵۰	۱۰	۴۰	۰
۱۲	۵۰	۰	۵۰	۰
۱۳	۱۰۰	۰	۰	۰
۲B	۵۶	۳۰	۱۰	۴
۱۰B	۴۶	۲۰	۳۰	۴
۲A	۶۰	۳۰	۱۰	۰
۱۰A	۶۰	۳۰	۱۰	۰

PP: پلی پروپیلن، MAPP: مالئیک انیدرید پلی پروپیلن دار، ۲B: تیمار شماره۲ همراه با ۴٪ MAPP، ۱۰B: تیمار شماره۱۰ همراه با ۴٪ MAPP، ۲A: تیمار شماره۲ بدون MAPP، ۱۰A: تیمار شماره۱۰ بدون MAPP

نتایج و بحث

محاسبه معادله نرمال سازی و تعیین بهترین تیمار آزمایشی

با توجه به نتایج و محاسبات انجام شده توسط معادله نرمال‌سازی، بهترین تیمارهای آزمایشی به لحاظ مجموع ویژگی های مورد نظر به ترتیب تیمارهای۲ و۱۰ تعیین شدند (جدول های ۲و۳). معادله نرمال سازی برای الگوی مورد نظر در مرحله اول به صورت زیر محاسبه شد:

$$۰/۰۱۳۵Y_۱ + ۰/۰۰۴۷Y_۲ + ۰/۰۳۸۷Y_۳ + ۰/۰۰۳۱Y_۴ + ۰/۰۰۰۲Y_۵ + ۰/۰۱۷۷Y_۶ + ۰/۰۰۰۲Y_۷ + ۰/۰۵۰۳Y_۸ = ۱$$

جدول۲- درصد اهمیت خواص مکانیکی و فیزیکی در محاسبه معادلات نرمال سازی

خواص مکانیکی و فیزیکی	درصد اهمیت
مقاومت کششی	۳۰
مقاومت به ضربه	۲۰
جذب آب	۲۰
مدول گسیختگی	۱۰
مدول الاستیسیته کششی	۵
کرنش کششی	۵
مدول الاستیسیته خمشی	۵
دانسیته	۵
مجموع	۱۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- امتیازات و رتبه‌بندی متعلق به هر یک از چندسازه ها

تیمار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
امتیاز	۱/۲۳۹۲	۱/۲۶۱۳	۱/۰۴۶۰	۰/۹۴۸۲	۰/۹۱۴۲	۱/۲۶۱۸	۱/۱۸۲۲	۰/۹۷۷۹	۰/۹۹۴۰	۱/۱۸۶۱	۰/۸۰۸۰	۰/۹۷۲۰	۱/۰۷۱۷
رتبه	۳	۲	۷	۱۱	۱۲	۱	۵	۹	۸	۴	۱۳	۱۰	۶

ارزیابی کلی ویژگی های مکانیکی و فیزیکی چندسازه های تولید شده

مدول الاستیسیته کششی[1]

همان طور که در شکل شماره ۱ ملاحظه می شود، افزایش درصد الیاف باعث افزایش مدول کششی می شود. بنابراین با توجه به نتایج جدول ۴ می توان گفت که اختلاف میانگین مدول الاستیسیته کششی چند سازه ها در سطح اطمینان آماری ۹۹٪ معنی دار است. به عبارت دیگر با اطمینان ۹۹ درصد می توان گفت که تغییرات وزنی الیاف (۴۰و۵۰٪) موجب تفاوت معنی دارآماری در مدول الاستیسیته کششی چند سازه می شود. با توجه به شکل۲ ونتایج جدول ۴ در سطح اعتماد آماری۹۵٪ می توان گفت وجود جفت کننده باعث افزایش مدول الاستیسیته کششی می شود که علت آن می تواند به دلیل افزایش چسبندگی الیاف به سطح پلیمر باشد. با توجه به شکل ۲ در تیمار ۲ MAPP باعث افزایش مدول الاستیسیته کششی به میزان ۲۵/۳۰۱ درصد شده و MAPP در مورد تیمار ۱۰ مدول الاستیسیته را ۸/۰۷۴ درصد افزایش داده است(جدول۵).

مدول گسیختگی[2]

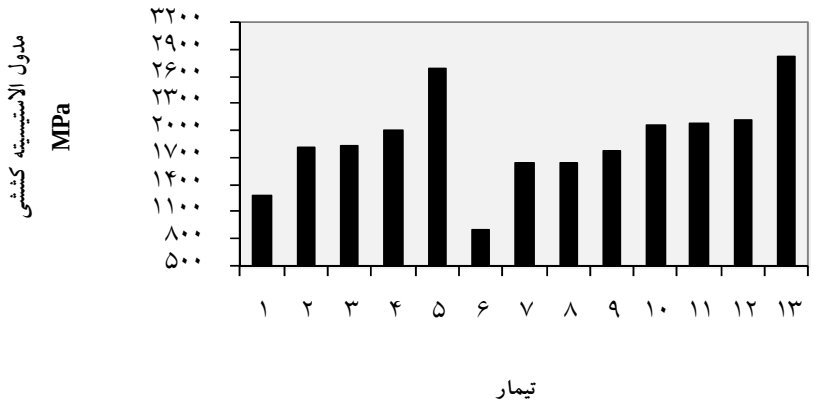
اتصال بین الیاف و ماده ترموپلاستیک در درصدهای اختلاط زیاد بسیار ضعیف می شود. در حقیقت می توان اشاره کرد که این پیوندها به نوعی مکانیکی می شوند (Khanam و همکاران،۲۰۰۷). این چند سازه ها در اثر وارد کردن تنش راحت تر می شکنند. یعنی فاز زمینه قادر به انتقال تنش به فاز تقویت کننده نبوده است. بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۳ بین میانگین مدول گسیختگی چند سازه در تیمارهای مختلف و در سطح اعتماد آماری ۹۹٪ اختلاف معنی داری وجود دارد. همان طور که ملاحظه می شود افزایش درصد الیاف باعث افزایش مدول گسیختگی می شود. به طوری که در تیمار حاوی ۳۰٪ الیاف روزنامه (تیمار ۲)، با افزودن جفت کننده میزان مدول گسیختگی از ۳۱/۹۴۷ مگا پاسکال به ۳۷/۰۲ مگاپاسکال افزایش یافته است. با توجه به شکل شماره ۴، هر چه میزان جفت کننده بیشتر شود، مدول گسیختگی یا تنش خمشی نهایی بیشتر می شود که این را می توان در ۲ تیمار با درصدهای وزنی ۰ و۴ درصد MAPP به وضوح مشاهده نمود (جدول های۶و۷).

مدول الاستیسیته خمشی[3]

مدول الاستیسیته مواد مرکب بستگی به مدول اجزای تشکیل دهنده آن دارد. مدول الاستیسیته الیاف تنها بیشتر از پلیمر خالص است. بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۸ و شکل ۵ بین میانگین مدول الاستیسیته خمشی چند سازه در تیمارهای مختلف و در سطح اعتماد آماری ۹۹٪ اختلاف معنی دار وجود دارد. همان طور که ملاحظه می شود افزایش درصد الیاف باعث افزایش مدول الاستیسیته شده است. با توجه به نتایج جدول ۹ دیده می شود که مالئیک انیدرید در سطح اطمینان آماری ۹۹٪ باعث اختلاف معنی دار در مدول الاستیسیته خمشی چند سازه نشده است. شکل ۶ نشان می دهد که مدول الاستیسیته خمشی تیمار شماره ۲ با افزودن MAPP حدود ۱۰/۹ درصد افزایش یافته و در تیمار ۱۰ MAPP حدود ۲۱/۷ درصد افزایش داشته است.

[1] Modulus of elasticity in tension
[2] Modulus of rupture
[3] Modulus of elasticity in bending

Archive of SID
www.SID.ir

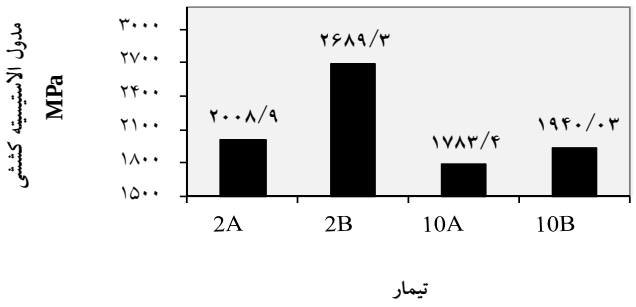


شکل۱- تغییرات مدول الاستیسیته کششی چند سازه بر حسب درصد وزنی الیاف

جدول ۴- تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته کششی ۱۳ تیمار

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۱۲	۹۹۸۰۶۲۱	۸۳۱۷۱۸	۱۵/۴۸	٭۰/۰۰۰
خطا	۲۴	۱۲۸۹۷۴۰	۵۳۷۳۹		
کل	۳۶	۱۱۲۷۰۳۶۱			

٭ معنی دار در سطح اعتماد آماری ۹۹٪



شکل۲- تغییرات مدول الاستیسیته کششی چندسازه در تیمارهای ۲ و۱۰ با ۰ و ۴٪ MAPP بر حسب درصد وزنی الیاف.

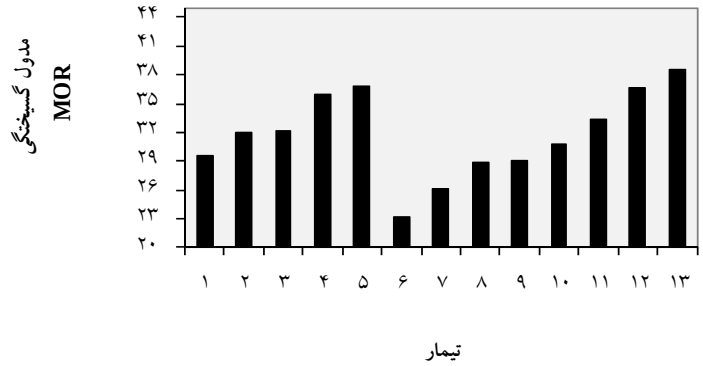
جدول۵- مقایسه میانگین مدول الاستیسیته کششی تیمارهای ۲ و۱۰

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۳	۱۴۲۳۵۰۴	۴۷۴۵۰۱	۴/۹۶	٭۰/۰۳۱
خطا	۸	۷۶۵۴۳۴	۹۵۶۷۹		
کل	۱۱	۲۱۸۸۹۳۸			

٭ معنی دار در سطح اعتماد آماری ۹۵٪

Archive of SID

www.SID.ir

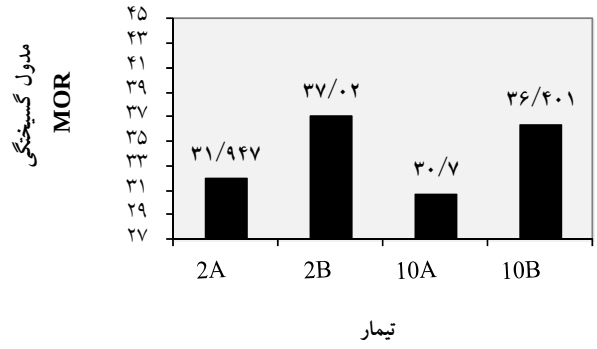


شکل ۳- تغییرات مدول گسیختگی چند سازه بر حسب درصد وزنی الیاف.

جدول۶- تجزیه واریانس مقادیر مدول گسیختگی ۱۳ تیمار

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۱۲	۷۲۹/۱۲	۶۰/۷۶	۸/۶۸	*۰/۰۰۰
خطا	۲۴	۱۶۷/۹۷	۷/۰۰		
کل	۳۶	۸۹۷/۰۹			

* معنی دار در سطح اعتماد آماری ۹۹٪



شکل۴ - تغییرات مدول گسیختگی تیمارهای ۲ و۱۰ با ۰ و۴٪ MAPP بر حسب درصد وزنی الیاف.

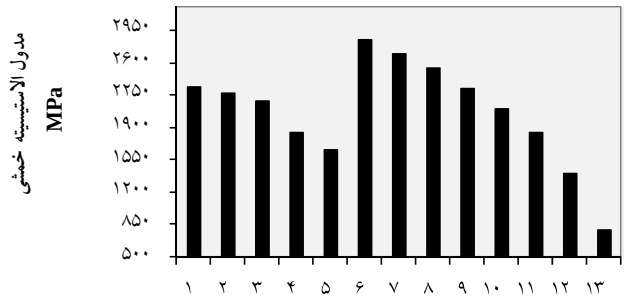
جدول ۷- مقایسه میانگین مدول گسیختگی تیمارهای ۲ و۱۰

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۳	۱۱۷/۹	۳۹/۳	۲/۷۰	n.s ۰/۱۱۶
خطا	۸	۱۱۶/۵	۱۴/۶		
کل	۱۱	۲۳۴/۴			

n.s: معنی دار نمی باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

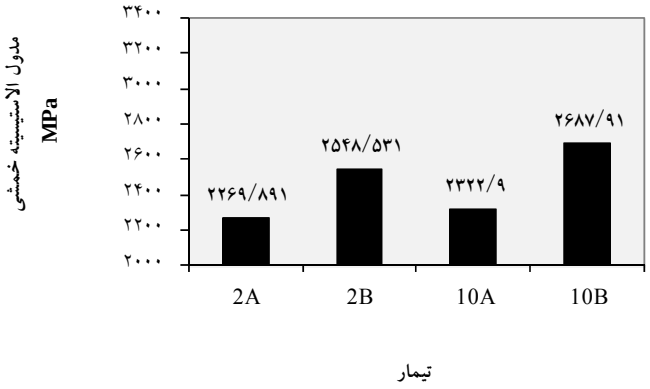


شکل۵- تغییرات مدول الاستیسیته خمشی بر حسب درصد وزنی الیاف.

جدول۸- تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته خمشی ۱۳ تیمار

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۱۲	۱۱۰۵۹۳۶۶	۹۲۱۶۱۴	۱۳/۳۷	٭۰/۰۰۰
خطا	۲۶	۱۷۹۲۰۷۱	۶۸۹۲۶		
کل	۳۸	۱۲۸۵۱۴۳۶			

٭ معنی دار در سطح اعتماد آماری ۹۹٪



شکل ۶- تغییرات مدول الاستیسیته خمشی تیمارهای ۲ و۱۰ با ۰ و ۴ ٪MAPP بر حسب درصد وزنی الیاف.

جدول ۹- مقایسه مدول الاستیسیته خمشی تیمارهای ۲ و۱۰

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۳	۳۳۹۴۴۶	۱۱۳۱۴۹	۱/۶۳	n.s ۰/۲۵۸
خطا	۸	۵۵۵۵۱۷	۶۹۴۴۰		
کل	۱۱	۸۹۴۹۶۳			

n.s: معنی دار نمی باشد.

www.SID.ir

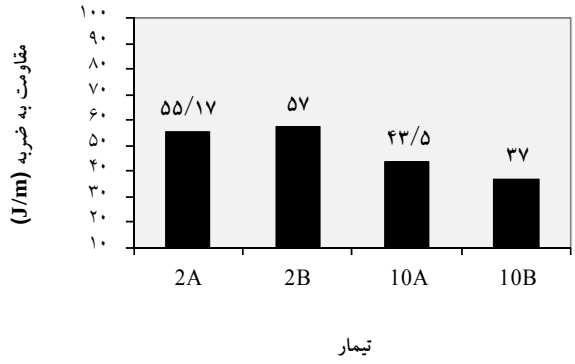
مقاومت به ضربه

با توجه به نتایج جدول شماره ۱۰ می توان گفت که بین مقادیر میانگین مقاومت به ضربه تیمارهای مختلف در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ اختلاف معنی دار وجود دارد. همان طور که در شکل شماره ۷ مشخص می باشد، با افزایش مقدار الیاف در چند سازه، مقاومت به ضربه چند سازه کاهش می یابد. در چند سازه های حاوی مخلوط الیاف در مقایسه با چند سازه های حاوی الیاف شیشه در یک سطح الیاف مقاومت به ضربه بهتری دارا می باشند اما در مقایسه با چند سازه های حاوی الیاف روزنامه در یک سطح مقاومت به ضربه کاهش نشان می دهد و با افزایش مقدار الیاف شیشه در چند سازه این کاهش مشهودتر است. بهترین مقاومت به ضربه را چند سازه حاوی ۴۰ درصد الیاف روزنامه دارا می باشد. این امر می تواند ناشی از این امر باشد که با افزایش الیاف به ماده زمینه پلیمری ویژگی شکننده بودن چند سازه به علت کمتر بودن شکنندگی ذاتی الیاف در مقایسه با الیاف شیشه، افزایش می یابد[George و همکاران،۲۰۰۱ ؛ Hodzic و همکاران،۲۰۰۲].

جدول ۱۰- مقایسه میانگین مقاومت به ضربه ۱۳تیمار

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۱۲	۳۳۷۸	۲۸۲	۲/۰۵	۰/۰۴۷ *
خطا	۳۷	۵۰۸۲	۱۳۷		
کل	۴۹	۸۴۶۱			

* معنی دار در سطح اعتماد آماری۹۵٪



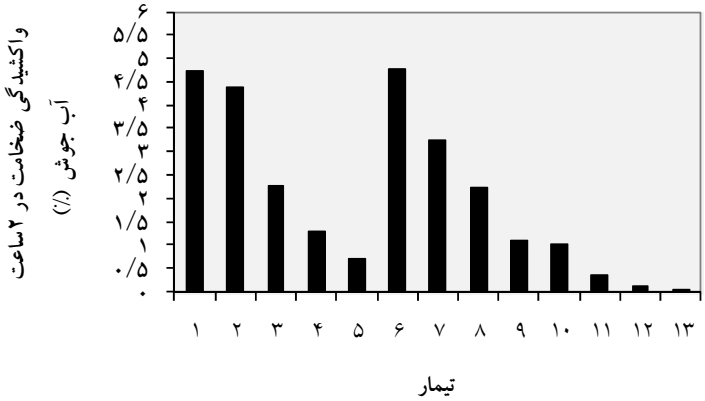
شکل۷- تغییرات مقاومت به ضربه بر حسب درصد وزنی الیاف.

واکشیدگی ضخامت و جذب آب

با توجه به نتایج شکل های ۸ و۱۰ مشاهده می شود که با افزایش میزان الیاف خمیر کاغذ در چند سازه میزان واکشیدگی و جذب آب چند سازه در آب جوش افزایش می یابد که این امر با توجه به خاصیت آب دوست بودن الیاف سلولزی با وجود گروه های هیدروکسیل (OH) توجیه می شود. با توجه به شکل های شماره ۹ و ۱۱، MAPP باعث کاهش واکشیدگی ضخامت و جذب آب چند سازه می شود. به عبارت دیگر، می توان مقاومت به رطوبت الیاف سلولزی را با تیمارآنها با MAPP بهبود بخشید، زیرا MAPP سبب می شود که ماده زمینه پلیمری الیاف را بهتر در برگیرد به نحوی که کمتر آزاد و در دسترس باشند (Kalaprasad و همکاران،۲۰۰۴؛ Hodzic و همکاران،۲۰۰۲). در نتیجه میزان واکشیدگی ضخامت و جذب آب چند سازه کاهش می‌یابد (جدول‌های ۱۱تا۱۴).

A' of SID

www.SID.ir

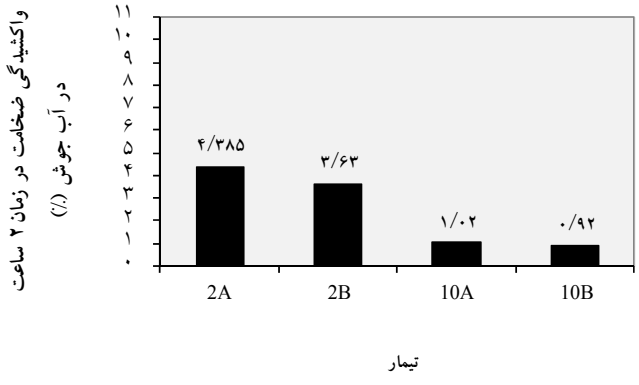


شکل۸- تغییرات واکشیدگی ضخامت به مدت ۲ ساعت در آب جوش بر حسب درصد وزنی الیاف.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین واکشیدگی ضخامت در آب جوش در زمان۲ ساعت در ۱۳ تیمار

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۱۲	۱۲۳/۶۸۴	۱۰/۳۰۷	۱۶/۴۵	٭۰/۰۰۰
خطا	۲۶	۱۶/۲۸۹	۰/۶۲۷		
کل	۳۸	۱۳۹/۹۷۴			

٭ معنی دار در سطح اعتماد آماری۹۹٪



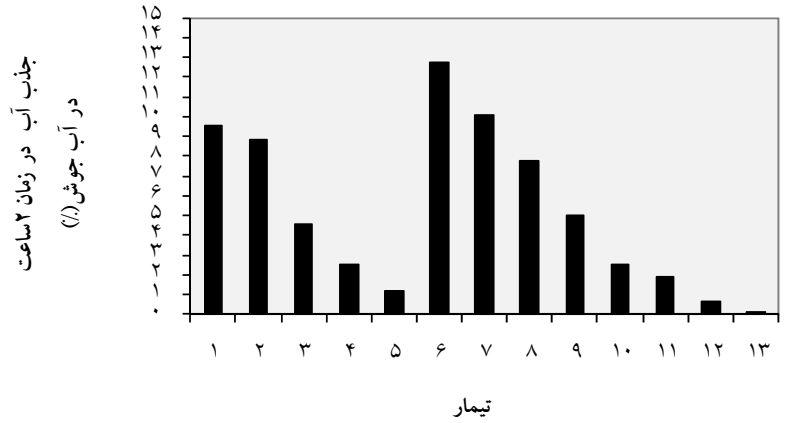
شکل۹- تغییرات واکشیدگی ضخامت تیمارهای ۲ و۱۰ با ۰ و ۴ ٪MAPP بر حسب درصد وزنی الیاف در آب جوش.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین واکشیدگی ضخامت تیمارهای ۲ و۱۰ در زمان ۲ ساعت در آب جوش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۳	۲۸/۳۸	۹/۴۶	۷/۶۵	٭۰/۰۱۰
خطا	۸	۹/۸۹	۱/۲۴		
کل	۱۱	۳۸/۲۸			

٭ معنی دار در سطح اعتماد آماری ۹۹٪

www.SID.ir

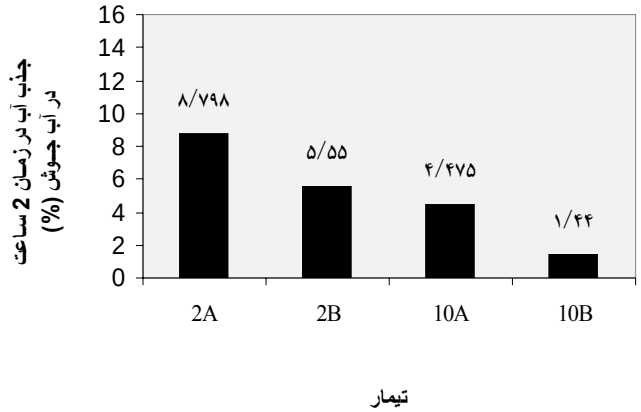


شکل۱۰- تغییرات جذب آب در زمان ۲ ساعت در آب جوش بر حسب درصد وزنی الیاف.

جدول۱۳- مقایسه میانگین جذب آب در آب جوش در زمان ۲ ساعت در ۱۳ تیمار

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۱۲	۶۲۱/۵۵	۵۱/۸۰	۴۰/۲۳	*۰/۰۰۰
خطا	۲۶	۳۳/۴۷	۱/۲۹		
کل	۳۸	۶۵۵/۰۲			

* معنی دار در سطح اعتماد آماری ۹۹٪



شکل ۱۱- تغییرات جذب آب تیمارهای ۲ و۱۰ با ۰ و ۴٪ MAPP بر حسب درصد وزنی الیاف در آب جوش.

جدول ۱۴- مقایسه میانگین جذب آب تیمارهای ۲ و۱۰ در زمان ۲ ساعت در آب جوش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۳	۹۹/۰۱	۳۳	۲۴/۹۹	*۰/۰۰۰
خطا	۸	۱۰/۵۷	۱/۳۲		
کل	۱۱	۱۰۹/۵۷			

* معنی دار در سطح اعتماد آماری ۹۹٪

www.SID.ir

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که الیاف خمیرکاغذ می تواند به عنوان یک تقویت کننده بسیار ارزان قیمت و همچنین زیست تخریب پذیر در فرآورده های مرکب مورد استفاده قرار گیرد. افزودن میزان الیاف کاغذ روزنامه بازیافتی، باعث کاهش مقادیر واکشیدگی ضخامت، جذب آب، مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت به ضربه و همچنین افزایش مدول های الاستیسیته کششی و گسیختگی چندسازه می شود. زیاد بودن سهم الیاف سلولزی نسبت به مواد پلیمری باعث جذب بیشتر و واکشیده شدن اجزای دیواره سلولی عناصر چوبی می شود. بنابراین با افزایش درصد بسپار گرمانرم میزان جذب و واکشیدگی ضخامت کاهش می یابد. الیاف سلولزی به دلیل داشتن الاستیسیته بیشتر و توان انتقال تنش زیادتر به بسپار می تواند منجر به بهبود ویژگی های مقاومتی چندسازه شود. به طور کلی یکی ازعوامل افزایش مقاومت خمشی، فشردگی و تراکم مناسب میان الیاف سلولزی و پلاستیک ها می باشد؛ لذا عواملی چون دانسیته پانل و میزان فشار اعمال شده باعث افزایش ویژگی خمشی می شود و نتایج این تحقیق با نتایج Anuar و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. با افزایش الیاف به علت عدم چسبندگی الیاف با ماده زمینه مقدار حفرات بین الیاف و ماده زمینه بیشتر شده در نتیجه این نقاط سبب تمرکز تنش می شود و مقاومت به ضربه نمونه کاهش می یابد. نتایج به دست آمده با نتایج ابراهیمی و تجویدی (۱۳۷۷)، ابراهیمی و صفارزاده (۱۳۷۹)، حسینی و همکاران(۱۳۸۲) مطابقت دارد.

افزودن ماده سازگار کننده مالئیک انیدرید پلی پروپیلنی موجب افزایش مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته کششی و مدول الاستیسیته خمشی چندسازه و همچنین کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه می شود. با افزودن عامل جفت کننده میزان مقاومت کششی افزایش می یابد. زیرا سازگارکننده باعث تقویت اتصال بین دو فاز شده در نتیجه مقاومت کششی را افزایش می دهد. در این مورد نتایج مشابهی توسط Kalaprasad و همکاران (۲۰۰۴)، شاکری و همکاران(۱۳۸۵) و Khanam و همکاران(۲۰۰۷) حاصل شد. علت افزایش مدول کششی و خمشی در اثر افزودن MAPP را می توان چسبندگی قوی الیاف با بسپار بیان کرد که مانع از سرخوردن زنجیره‌های بسپار بر روی هم می‌شود و چند-سازه در برابر شکست، مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهد و این بدان معنی است که چندسازه، سفتی (مدول کششی) مطلوبی دارد. در این رابطه Khanam و همکاران (۲۰۰۷) به نتیجه مشابه با این تحقیق دست یافتند. کاهش جذب آب در چندسازه‌های لیگنوسلولزی در حضور MAPP به علت افزایش سازگاری در اثر تماس بیشتر میان الیاف آب‌دوست و پلاستیک آب‌گریز است. به عبارتی مقاومت به جذب رطوبت الیاف سلولزی را با تیمار نمودن آنها با MAPP می‌توان بهبود بخشید. زیرا MAPP سبب می‌شود که سطح الیاف به ماده زمینه پلیمری بهتر بچسبد و کمتر آزاد و دردسترس باشد. در نتیجه میزان واکشیدگی ضخامت و جذب آب چندسازه کاهش‌می‌یابد. نتایج این تحقیق با تحقیق Kalaprasad و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق پیشنهاد می شود تا امکان استفاده از مقادیر بیشتر مخلوط الیاف در تهیه چند سازه، استفاده از سایر الیاف سنتزی و الیاف سلولزی طبیعی و همچنین جنبه های اقتصادی و امکان تولید انبوه این چندسازه ها در سطح صنعتی مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

۱- ابراهیمی، قنبر و مهدی تجویدی. ۱۳۷۷. بررسی امکان استفاده ار الیاف سلولز چوب و کاغذ در ساخت چند سازه های الیاف-پلی‌پروپیلن، مجله منابع طبیعی ایران، (۵۱) ۲ : ۳۵-۴۵.

۲- ابراهیمی، قنبر و سیلا صفارزاده. ۱۳۷۹. مطالعه اختلاط الیاف سلولز طبیعی با پلی اتیلن سنگین و بررسی خواص مکانیکی فرآورده‌های مرکب حاصل، مجله منابع طبیعی ایران، (۵۳)۳: ۲۱۷-۲۲۴.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- امیدوار، اصغر و حبیب ا... ثابت رفتار. ۱۳۷۹. بررسی ساخت فرآورده مرکب الیاف چوب- پلی استر با استفاده از الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه، مجله منابع طبیعی ایران، (۵۳) ۳ : ۱۸۷-۱۹۸.

۴- حسینی، کاظم، ابراهیمی، قنبر، و شاکری، علیرضا. ۱۳۸۴. اصلاح خواص مکانیکی کامپوزیت های الیاف سلولزی - پلیمر گرمانرم، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۳: ۱۴۳-۱۵۰.

۵- شاکری، علیرضا، امیدوار، اصغر و لیزا سیلانی. ۱۳۸۱. بررسی ساخت فرآورده مرکب الیاف سلولزی- پلیمر با استفاده از پلی استایرن بازیافتی و کاغذ روزنامه باطله، مجله منابع طبیعی ایران (۵۵)۳ :۴۰۷-۴۱۷.

6- George, J., Sreekala, M. S. and Thomas, S. 2001. A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites", Poly. Eng. And Sci., 41(9), 1471-1485.

7- Hull, D., and Clyne, T.W. 1996. An introduction to composites materials (2nd Ed.), Cambridge University Press, New York, 326p. (ISBN: 978-0521388559).

8- Hodzic, A., Shanks, R.A. and Leorke, M. 2002. Polypropylene and aliphatic polyester flax fiber composites, Polymer and polymer composites, 10(4), 281-290.

9- Kalaprasad, G., et al. 2004, Effect of fiber length and chemical modifications on the tensile properties of intimately mixed short sisal/glass hybrid fiber reinforced low density polyethylene composites. Society of chemical industry. PP: 1624-1638.

10- Khanam, P.N., Reddy, M.M., Raghu, K., John, K. and Naidu, S.V. 2007. Tensile, Flexural and Compressive Properties of Sisal/Silk Hybrid Composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 26(10):1065-1070.

11- Lu, Z.J., Qinglin, w. and Mcnabb, H.S. 2000. Chemical coupling in wood Fiber Science J. 32, 1, 88-104.

12- Thwe, M., and Liao, K. 2000. Tensile behavior of modified bamboo-glass fiber reinforced hybrid composite. Plastics Rubber and Composites, 31(10), 422-431.

13- Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastic Lumber and Related Products, ASTM D6109, Pages 1452, 2011.

14- Standard Test Methods for Impact Strength Properties of Unreinforced and Reinforced Plastic Lumber and Related Products, ASTM D256, Pages 920, 2011.

15- Standard Test Methods for Tensile Strength Properties of Unreinforced and Reinforced composites and Related Products, ASTM D4762, Pages 1430, 2011.

16- Standard Test Method for Internal Bond Strength and Thickness Swelling of Cellulosic-Based Fiber and Particle Panels After Repeated ,ASTM D7519, Pages 854, 2011.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation on the Physical and Mechanical Properties of Composites from Combined Recycled ONP-Glass Fibers with Polypropylene

A. Ghasemian[*1], M. Imani [2] and A. Shakeri [3]

Abstract

In this research, recycled Old Newsprint (ONP) and glass fiber in mixture rates of 0-50 percent were mixed with Polypropylene (PP) at two levels of 60 and 50 percent (by weight). Physical and mechanical properties of resulted composites were determined. Results have shown that treatments No.2 (10% glass fibers, 30% ONP and 60% PP) and No.10 (40% ONP and 60% PP) had totally best physical and mechanical properties on the basis of normalization equation. In addition, the effect of maleic anhydride-Polypropylene coupling agent (MAPP) at two levels of 0 and 4 percent on the physical and mechanical properties of the composites in two optimum treatments was investigated. Results showed that the values of the modulus of elasticity in tension, modulus of rupture, modulus of elasticity in bending and toughness were increased while water absorption and thickness swelling decreased by addition of MAPP. In other words, using MAPP will improve the physical and mechanical properties of such composite.

Keywords: Recycled ONP, Glass fibers, Polypropylene, Physical properties, Mechanical properties.

Archive of SID

[*] Corresponding Author: Email: ali_ghasemian@yahoo.com

www.SID.ir