

قابگیری ملامین - فرمالدهید

The Effect of α -Cellulose Fibers on the Properties of Melamine-Formaldehyde Molding Compounds

مرادعلی خطیبی، محمدحسین بهشتی*، جلیل مرشدیان

تهران، پژوهشگاه پلیمر ایران، صندوق پستی ۱۴۹۶۵/۱۱۵

دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۹، پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۹

چکیده

ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید به دلیل خواص خوبی چون سختی زیاد، براقبت خوب، استحکام و مدول بالا کاربردهای زیادی در صنایع مختلف دارند. یکی از اجزای اصلی این ترکیبات تقویت کننده لینی سلولوز است که حجم قابل توجهی از ترکیب را به خود اختصاص می دهد و اثر زیادی بر خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه دارد. با وجود استفاده درازمدت از این الیاف در ترکیبات ملامین - فرمالدهید، هنوز ویژگیهای اصلی این الیاف و اثر آنها بر خواص بخوبی بررسی نشده است. در این مقاله، اثر دو نوع لیف α سلولوز، بک نمونه داخلی و بک نمونه نجاری خارجی بر خواص این ترکیبات نظیر جمع شوندگی، مدول و استحکام خمشی، استحکام ضربه ای، سختی و براقبت بررسی می شود. نتایج نشان می دهد که با وجود تفاوت ریزساختار این دو نوع لیف که اثر زیادی بر شرایط فرآوری آنها دارد تفاوت زیادی در خواص مکانیکی آنها مشاهده نمی شود، اما به دلیل اهمیت زیاد براقبت در کاربردهای خانگی ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید و کم تر بودن ترکیبات تقویت شده با الیاف α سلولوز داخلی، نمی توان در این گونه کاربردها از این الیاف استفاده کرد.

واژه های کلیدی: ترکیبات قالبگیری، رزین ملامین - فرمالدهید، پرکننده، الیاف α - سلولوز، کامپوزیت

Key Words: molding compounds, melamine-formaldehyde resin, filler, α -cellulose fiber, composite

مقدمه

الیاف کوتاه α - سلولوز در مخلوط کن تحت حلال مخلوط می شود تا عملیات آغشته سازی و اختلاط ابتدایی آنها انجام شود. سپس، این مخلوط به صورت یکنواخت خشک و پیش پخت می گردد و پس از اضافه کردن دیگر افزودنیها نظیر کاتالیزور و عوامل جدا کننده، به ذرات ریز یا گرانول برای قالبگیری تبدیل می شود.

رزینهای ملامین - فرمالدهید در بسیاری از کاربردهایی که در آن از دیگر رزینهای گرماسخت استفاده می شود، از جمله چسبها، چند لایه ایها، پیشخوانها، کابینتها و رویه میزها مورد استفاده قرار

ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید، آمیزه هایی از رزین ملامین - فرمالدهید، الیاف α - سلولوز و تعدادی مواد افزودنی دیگرند که آماده قالبگیری و تبدیل به محصول نهایی اند. اولین آمیزه های قالبگیری ملامین - فرمالدهید در سال ۱۹۳۸ به صورت تجاری وارد بازار گردید و پس از آن چگونگی واکنش پخت آنها هم منتشر شد [۵-۱]. برای تهیه این ترکیبات قالبگیری، رزین ملامین - فرمالدهید با

*ستاره ایها، نام نگار: M.Beheshty@proxy.ipi.ac.ir

می برد، همچنین، بر این زمینه براف بیرونی بهیچ وجه استفاده نمی شود. در برابر آتش و چروکت، کاهش سختی، کنترل جمع شوندگی، بهبود دفع آب و افزایش مقاومت در برابر اشتعال در صنایع نساجی استفاده می شود. ترکیبات قالبگیری آنها نیز بطور گسترده در تهیه ظروف آشپزخانه، عایقهای الکتریکی، وسایل تزیینی، پوشش دهی سطوح و تهیه رنگها بکار می رود [۱۶].

تجربی

مواد

رزین مایع ملامین - فرمالدهید مصرفی در این پژوهش رزین تولیدی شرکت صنایع شیمیایی فارس شیراز با چگالی $1/28 \text{ g/cm}^3$ است که به صورت تجاری تولید شده و در ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید مصرف می شود. مواد افزودنی مصرفی نظیر غکزامین، روی استئارات و فتالیک انیدرید از نوع تجاری بوده اند. از الیاف « - سلولوز خارجی ساخت سوئیس (که به میزان انبوه در تولید ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید تجاری مصرف می شود) و الیاف « - سلولوز داخلی ساخت شرکت لیترپاک ایران استفاده شده است. الیاف « - سلولوز داخلی از نوع کاغذ بوده که مناسبترین نوع برای استفاده در ترکیبات قالبگیری است.

دستگاهها و آزمونها

طیفهای زیرقرمز تبدیل فوری الیاف با دستگاه طیف سنج بروکر مدل ۱۱۳۴۸ و به کمک قرص KBr آنها گرفته شد. برای بررسی سطح الیاف از میکروسکوپ الکترون پوشی استرواسکن مدل ۵۳۶۰ ساخت شرکت کمبریج استفاده شد و آزمونهای گرماسنجی نیز به وسیله دستگاه DSC-TG ساخت شرکت Polymer Laboratory مدل STA-۶۲۵ انجام گرفت و برای تعیین خواص مکانیکی از دستگاه اینسترون مدل ۶۰۲۵ استفاده گردید. کلیه آزمونهای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی مطابق روشهای استاندارد ASTM صورت گرفت. نتایج گزارش شده در این مقاله متوسط نتایج حداقل پنج اندازه گیری است. آزمونهای خواص فیزیکی مانند چگالی (ASTM D۷۹۲)، جذب آب (ASTM D۵۷۰)، جمع شوندگی (ASTM D۲۲۴۰)، برایت و سختی (Shore D) روی نمونه های بدست آمده به عمل آمد. خواص مکانیکی مانند استحکام کششی (ASTM D۳۰۳۹) استحکام خمشی (ASTM D۲۵۹) استحکام ضربه ای (ASTM D۲۵۹) و استحکام برشی بین لایه ای (ASTM D۷۹۰) نمونه ها نیز معین گردید. جریان آمیزه های ریزه روش جریان پذیری دیسک (Disk Flow) اندازه گیری شد.

روشها

تهیه نمونه ها

ابتدا الیاف خرد شده « - سلولوز با درصد های وزنی مورد نظر با

این آمیزه ها رنگهای روشن و سفید تولید می کنند. و قطعاتی که از این ترکیبات بدست می آیند خواص زیر را دارند:

- سختی سطح بالا،
- خواص پخت بهتر نسبت به آمیزه های قالبگیری اوره - فرمالدهید،
- برایت و جلای سطح زیاد،
- مناسب برای ساخت ظروف و وسایل آشپزخانه،
- مقاومت زیاد در برابر خراشیدگی،
- مناسب نبودن برای تماس با آب جوش به مدت طولانی و
- جمع شوندگی زیاد.

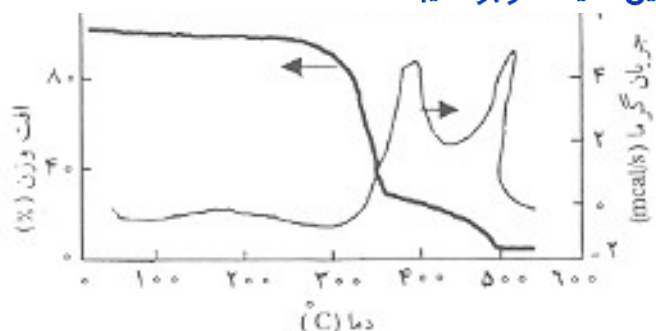
آمیزه های قالبگیری ملامین - فرمالدهید که برای سطوح براق بکار می رود، دارای الیاف « - سلولوزند و برای کاهش جمع شوندگی این ترکیبات، از آنها استفاده بسیار می شود. پکت آمیزه قالبگیری ملامین - فرمالدهید معمولاً شامل مواد زیر است [۷]:

- ۲۰ تا ۴۰ درصد الیاف خرد شده « - سلولوز،
- ۶۰ تا ۷۰ درصد رزین ملامین - فرمالدهید،
- ۵ تا ۸ درصد رطوبت،
- ۵ تا ۱۰ درصد اسید چرب مانند روی استئارات،
- ۵ تا ۱۰ درصد رنگدانه،
- ۵ تا ۱۰ درصد کاتالیزور و
- ۱۰ تا ۱۵ درصد تورم کننده.

کامپوزیت های بر پایه ملامین - فرمالدهید همانند کامپوزیت های بر پایه رزین های اپوکسی و رزین های پلی استر سیر نشده بخوبی شناخته شده نیستند، همچنین، با وجود استفاده دراز مدت از ترکیبات قالبگیری آنها، تاکنون مقالات جدائی در این زمینه منتشر نشده است.

یکی از اجزای اصلی ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید که به مقدار زیادی در این ترکیبات بکار می رود، الیاف خرد شده « - سلولوز است و خوشبختانه انواع مختلف این لیف در کشور ما برای کاربردهای مختلف تولید می شوند، ولی هنوز الیاف « - سلولوزی که در ترکیبات ملامین - فرمالدهید مورد استفاده قرار می گیرد، نوع خارجی آن است که به میزان زیادی از خارج وارد می گردد.

در این کار پژوهشی، استفاده از الیاف « - سلولوز تولید داخلی به جای نوع خارجی آن بطور عمیق بررسی شده است تا چگونگی



شکل ۲- گرمانگاشتهای DSC-TG الیاف α - سلولوز خارجی.

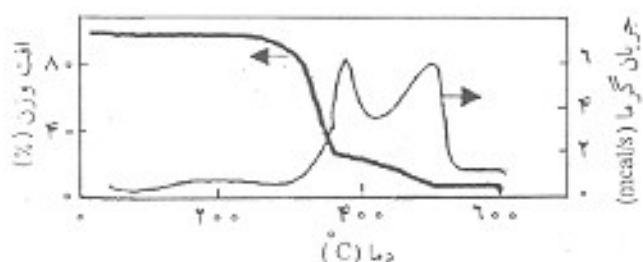
ساختار شیمیایی و گروههای عاملی دو نوع لیف متفاوتی با هم ندارند.

از آنجا که پایداری گرمایی الیاف بکار رفته در ترکیبات قالبگیری بسیار اهمیت دارد، پایداری گرمایی دو نوع لیف به کمک DSC-TG بررسی شد که نتایج حاصل در شکل‌های ۲ و ۲ نشان داده شده است. از منحنیهای بدست آمده چنین برمی آید که از نظر رفتار گرمایی این دو لیف تفاوتی با هم نداشته و پایداری گرمایی مشابهی دارند. اشاره می‌شود که آزمایش با سرعت گرمادهی $10^\circ\text{C}/\text{min}$ و در محیط گاز نیتروژن انجام شده است.

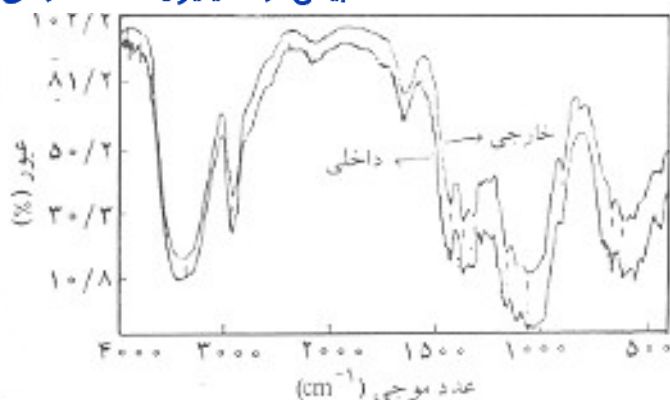
بررسی ریزساختار الیاف

ریزساختار الیاف تاثیر زیادی بر نقش آن در پیک کامپوزیت دارد [۸،۹]. به همین منظور قطر الیاف و همچنین کیفیت سطح آنها به کمک میکروسکوپ الکترون پوشی مورد مطالعه قرار گرفت.

شکل‌های ۴ و ۵ تصاویر میکروسکوپ الکترونی دو نوع الیاف α - سلولوز داخلی و خارجی را نشان می‌دهد. این تصاویر بیانگر آن است که در سطح الیاف α - سلولوز داخلی خلل و فرجهایی وجود دارد که در نمونه‌های خارجی آنها مشاهده نمی‌گردد. این ویژگی ممکن است بر دیگر خواص این الیاف تاثیر زیادی داشته باشد.
قطر دو نوع لیف α - سلولوز نیز معین شد که قطر لیف α -



شکل ۳- گرمانگاشتهای DSC-TG الیاف α - سلولوز داخلی.



شکل ۱- مقایسه دو طیف FTIR مربوط به α - سلولوز داخلی و خارجی.

رزین آفسته شد. سپس، این مخلوط در دمای 70°C خشک شده و با آسیاب چکشی آسیاب گردید و برای یکپوخت شدن بیشتر با آسیاب گلوله‌ای به مدت ۳ ساعت به صورت مخلوط یکپوخت درآمد. سپس، مواد افزودنی مانند هگزامین، فالیک انیدرید و روی استئرات به مقدار لازم برای هر آمیزه به صورت پودری به سیستم افزوده شده و دوباره این آمیزه‌ها برای اختلاط بیشتر به مدت سه ساعت دیگر با آسیاب گلوله‌ای مخلوط شدند.

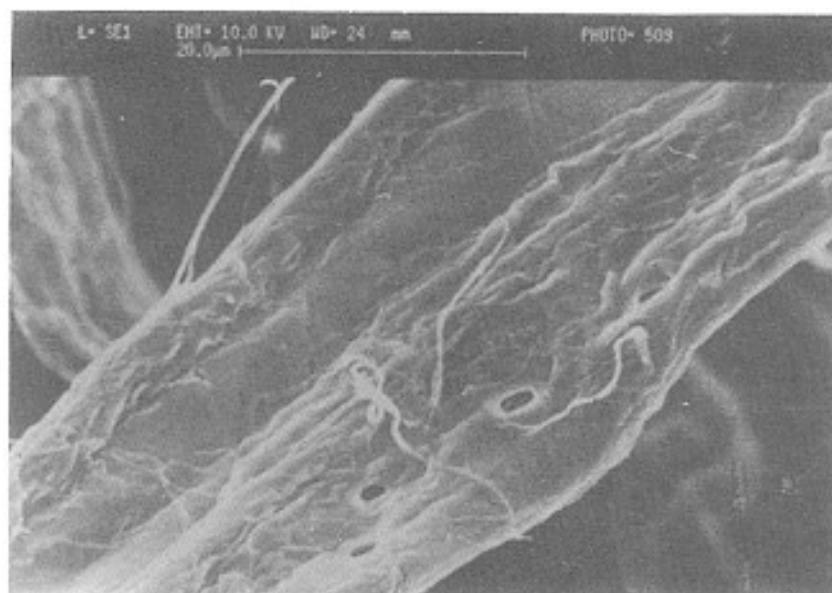
سه آمیزه به ترتیب با ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درصد وزنی الیاف α - سلولوز داخلی و سه آمیزه دیگر به ترتیب با ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد وزنی الیاف α - سلولوز خارجی تهیه گردید. از پودر قالبگیری ملامین - فرمالدهید تجاری با کد MT تولیدی شرکت صنایع شیمیایی فارس هم یک آمیزه انتخاب شد.

فالیگیری پودرهای ملامین - فرمالدهید

پودرهای قالبگیری بدست آمده در دمای 150°C و فشار 170 bar به مدت $2/5$ دقیقه فالگیری شد. دو نوع قالب مورد استفاده قرار گرفت. یک قالب به صورت دیسک و به قطر 51 mm و قالب دیگر به ابعاد $130\text{ mm} \times 110\text{ mm}$ و ضخامت قطعات فالگیری شده $3/2\text{ mm}$ بود.

نتایج و بحث

شیعهای زیرفرم تبدیل نوری بدست آمده از دو نوع لیف در شکل ۱ آورده شده است. این شکل نشان می‌دهد که دو طیف تقریباً بر هم منطبق شده و همپوشانی خوبی دارند. در نتیجه از نظر



شکل ۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح الیاف «- سلولوز داخلی با بزرگنمایی ۲۰۰۰.

درصدهای وزنی مختلف «- سلولوز برای دو نوع لیف آورده شده است.

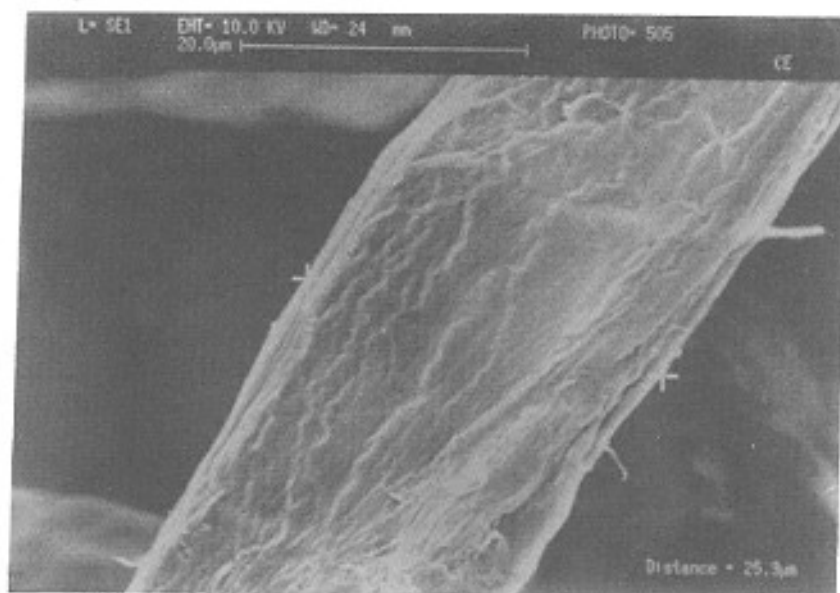
سلولوز خارجی $22 \mu\text{m}$ و قطر لیف «- سلولوز داخلی $20 \mu\text{m}$ است. از آنجا که کاهش قطر لیف سبب افزایش استحکام آنها می‌گردد [۱۰، ۱۱]، در نتیجه انتظار می‌رود که الیاف «- سلولوز داخلی از استحکام بیشتری برخوردار باشند.

چگالی

چنانچه در جدول ۱ دیده می‌شود، با افزایش مقدار درصد وزنی «- سلولوز، چگالی کامپوزیت نیز افزایش می‌یابد. چون چگالی رزین ملامین - فرمالدهید جامد $1/48 \text{ g/cm}^3$ و چگالی الیاف سلولوز

خواص فیزیکی

در جدول ۱ مهمترین خواص فیزیکی آمیزه‌های ملامین - فرمالدهید در



شکل ۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح الیاف «- سلولوز خارجی با بزرگنمایی ۲۰۰۰.

جدول ۱ - خواص فیزیکی آمیزه‌های ملامین - فرمالدهید.

درصد «- سلولوز	چگالی (g/cm ³)		سختی (شور D)		جمع شوندگی (%)		براقیت (۶۰°)		جذب آب سرد (۲۵°C در %wt)		جذب آب گرم (۱۰۰°C در %wt)		جریان یابی (mm)	
	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی
۲۵	۱/۴۵۳	-	۹۲/۷۵	-	۱/۳۳۸	-	۱۴/۸	-	-/۲۲۷	-	+/۱۰۳	-	-/۹۴	-
۳۰	۱/۳۶۹	۱/۴۵۳	۹۲/۸۷	۹۳	۱/۱۹۷	۱/۱۸۱	۱۶/۷	۱۵	-/۲۱۷	+/۲۲۲	+/۱۲۴	+/۱۲۹	+/۹۹۱	+/۹۸۶
۳۵	۱/۴۹۱	۱/۴۸۳	۹۴	۹۳/۵	۱/۰۳	-/۸۰۱	۱۵/۳	۲۳/۱	-/۲۹۸	+/۳۸۵	+/۱۳۸	+/۱۳۲	۱/۳۷۲	+/۹۶۵
۴۰	-	۱/۴۸۷	-	۹۳/۷۲	-	+/۵۹۵	-	۲۵/۱	-	+/۴۰۵	-	+/۱۳۷	۱/۳۴۶	-
MT	۱/۴۹۴	۹۲/۶۲	-	-	-/۸۰۵	-	۲۵/۷	-	-/۳۵۴	-	-/۱۳۵	-	۱/۰۴۱	-

امر احتمالا به دلیل وجود خلل و فرج سطحی این الیاف است که در بررسیهای ریزساختاری مشاهده شد.

براقیت

چنانچه در جدول ۱ دیده می‌شود مقدار براقیت آمیزه‌ها با افزایش درصد وزنی الیاف «-سلولوز افزایش می‌یابد. آمیزه‌های تقویت شده با «-سلولوز خارجی از براقیت سطح بیشتری برخوردارند. این مسئله هم به عواملی مانند منابع تهیه الیاف و چگونگی تولید آنها بستگی دارد. بنابراین، یکی از مشکلات استفاده از الیاف «-سلولوز داخلی براقیت کمتر قطعانی است که با این الیاف تقویت می‌شود. اشاره می‌شود که براقیت قطعات مطابق استاندارد مربوط در زاویه تابش ۶۰° اندازه‌گیری شد.

جذب آب

جذب آب سرد

جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار درصد وزنی الیاف، میزان جذب آب در همه آمیزه‌ها افزایش می‌یابد. این ویژگی ناشی از آن است که الیاف «-سلولوز از قابلیت جذب آب زیادی (۹ تا ۱۸ درصد) برخوردار است [۴] از این رو، با افزایش حجم آن در کامپوزیت جذب آب هم افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، نتایج نشان می‌دهد که میزان جذب آب آمیزه‌های تقویت شده با الیاف داخلی بیشتر است. این امر می‌تواند ناشی از تفاوت ریزساختار این الیاف باشد که در تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داده شده است.

جذب آب گرم

جذب آب گرم نمونه‌ها هم در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان جذب آب کمتر در این آزمون ناشی از آن است که نمونه‌ها نیم ساعت در آب ۱۰۰°C قرار داشته‌اند، در صورتی که نمونه‌ها به مدت ۲۴

گرم/cm³ ۱/۵۴۵ است، انتظار می‌رود که با افزایش درصد «-سلولوز چگالی کامپوزیت هم افزایش ناچیزی داشته باشد. چگالی آمیزه‌های با دو نوع متفاوت «-سلولوز با درصد وزنی برابر الیاف، تفاوت چندانی با هم ندارند. به عبارتی، استفاده از الیاف داخلی تاثیر منفی بر چگالی قطعات نخواهد داشت.

سختی

سختی آمیزه‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. چنانچه دیده می‌شود با افزایش مقدار درصد وزنی «-سلولوز، سختی آمیزه‌ها تغییر چندانی نمی‌کند. این امر می‌تواند ناشی از آن باشد که رزین ملامین - فرمالدهید، رزینی با سختی زیاد است. از سوی دیگر الیاف «-سلولوز سختی چندانی ندارند، از این رو انتظار می‌رود که با افزایش مقدار الیاف سختی قطعه کاهش یابد. اما، از آنجاکه در قالبگیری فشاری همواره سطح قطعات غنی از رزین است، به همین دلیل تغییر محسوسی با تغییر مقدار الیاف در سختی قطعه مشاهده نمی‌شود. از طرفی، سختی آمیزه‌ها با دو نوع الیاف مختلف و با درصد وزنی برابر تفاوت چندانی نمی‌کند.

جمع شوندگی

جمع شوندگی یکی از ویژگیهای اساسی ترکیبات قالبگیری است و یکی از نقاط ضعف رزینهای ملامین - فرمالدهید جمع شوندگی زیاد آنهاست. این ضعف تا حدودی با اضافه کردن الیاف به آنها کاهش می‌یابد و انتظار می‌رود که با افزایش مقدار الیاف، مقدار جمع شوندگی کم شود. اما، مقدار جمع شوندگی آمیزه‌های تقویت شده با الیاف داخلی بیشتر است و متأسفانه از حد استاندارد مجاز این ترکیبات یعنی تجاوز می‌کند [۱۲]. جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش درصد وزنی الیاف، جمع شوندگی آمیزه‌ها کاهش می‌یابد. دیده می‌شود که در آمیزه‌های تقویت شده با «-سلولوز داخلی، مقدار جمع شوندگی بیشتر است. این

جدول ۲ - خواص مکانیکی آمیزه‌های ملابین - فرمالدهید (SD انحراف معیار داده‌ها را نشان می‌دهد).

نمونه‌ها	استحکام کششی (MPa)		مدول کششی (GPa)		ازدیاد طول تا پارگی (%)		استحکام خمشی (MPa)		مدول خمشی (GPa)		میزان خمشی (%)		استحکام برشی بین لایه‌ای (MPa)	
	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی	داخلی	خارجی
۲۵	۳۱/۵۹۹	-	۴/۶۶	-	۱/۵۴۱	-	۸۶/۱۰۸	-	۸/۵	-	۱/۵۳	-	۷/۶۶۱	-
	(۶/۲۷۹)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(۷/۴۱۲)	(-)	(۳/۱۹)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
۳۰	۲۲/۲۷	۲۸/۹۰۸	۳/۷۹	۴/۳۹	۱/۴۸۱	۱/۴۲۵	۹۳/۵۴۱	۸/۷۳۰	۸/۳۷	۸/۳۷	۱/۴۹۱	۱/۳۲	۷/۸۶۱	-
	(۶/۹۱۳)	(۲/۵۸۹)	(-)	(-)	(-)	(-)	(۹/۸۶۵)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(۱/۹۶۶)	(-)
۳۵	۴۰/۱۵۳	۳۱/۳۳۷	۴/۳۲۷	۴/۴	۱/۲۷۶	۱/۳۵	۹۷/۲۵۳	۹/۲۵	۱۰/۲۱	۹/۲۵	۱/۲۷۶	۱/۲۳۶	۹/۸۹۱	۱۰/۰۷
	(۴/۸۷۲)	(۴/۵۳۹)	(-)	(-)	(-)	(-)	(۲۰/۱۰۵)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(۱/۴۱۱)
۴۰	-	۲۵/۵۱۵	-	۲/۷۳	-	۰/۸۱۵	-	۱۰۰/۹۲۵	-	۱۱/۲	-	۱/۲۰۵	-	۱۲/۱۲۷
	(-)	(۶/۷۰۴)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(۵/۵۴۱)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
MT	۳۵/۲۳۸	۲/۵۹۸	۱/۴۹۱	۳/۵۹۸	۱/۴۹۱	۳/۵۹۸	۹۶/۷۱	۱۰/۲۱	۱۱/۲۳۷	۱/۳۲	۱/۳۲	۱۱/۲۵۷	۱۱/۲۵۷	
(SD)	(۶/۱۷۱)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(۶/۱۷)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	

سلولوز از ۳۵ درصد بیشتر شود، به دلیل جذب رزین زیاد این الیاف، آغشته‌سازی خوب انجام نمی‌شود و جریان‌یابی همچنان که قبلاً نیز نشان داده شد، کاهش می‌یابد. بنابراین، نقصهای قطعه، یعنی نقاط عاری از رزین، زیاد شده و باعث افت خواص می‌شود. به همین دلیل بهترین مقدار درصد « α » سلولوز خارجی برای تقویت‌کنندگی ۳۵ درصد است. در آمیزه‌های تقویت شده با الیاف « α » سلولوز داخلی هم دقیقاً همین روند منطقی مشاهده می‌شود، یعنی با افزایش مقدار درصد تقویت‌کننده استحکام کششی افزایش می‌یابد. نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که جذب رزین الیاف « α » سلولوز داخلی خیلی بیشتر از نوع خارجی آن است و نمی‌توان آمیزه‌ای با بیش از ۳۵ درصد وزنی الیاف تهیه کرد. با توجه به بررسی‌های ریزساختاری بنظر می‌رسد که این ویژگی به دلیل خلل و فرج فراوان این الیاف باشد، بطوری که تهیه آمیزه با ۴۰ درصد وزنی « α » سلولوز داخلی ناممکن است.

بنظر می‌رسد بیشتر بودن استحکام کششی آمیزه‌های تقویت شده با الیاف « α » سلولوز داخلی در مقایسه با آمیزه‌های تقویت شده با الیاف « α » سلولوز خارجی با همان درصد وزنی، به دلیل چسبندگی بیشتر رزین و الیاف به دلیل وجود همان خلل و فرج سطحی الیاف باشد که با مکانیسم‌های درهم‌گیربهای (interlocking) مکانیکی [۱۴] سبب بهبود خواص می‌گردند. علت کم بودن استحکام کششی نمونه تجاری (MT) خرد شدن بیشتر الیاف آن در اکسترودر است.

استحکام خمشی

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، استحکام خمشی آمیزه‌های

ساعت در آب سرد 25°C قرار داشته‌اند.

جریان‌یابی چنانچه در جدول ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار درصد وزنی الیاف، جریان‌یابی کاهش می‌یابد. کاهش جریان‌یابی به این دلیل است که با افزایش الیاف مقدار رزین کل آمیزه کمتر می‌شود و توده‌های الیاف از جریان‌یابی رزین جلوگیری می‌کند. در ضمن دیده می‌شود که جریان‌یابی آمیزه‌های تقویت شده با الیاف « α » سلولوز خارجی از آمیزه‌های تقویت شده با « α » سلولوز داخلی بیشتر است. این امر احتمالاً به دلیل وجود خلل و فرج روی الیاف داخلی است، زیرا در این صورت رزین بیشتری جذب شده و از جریان‌یابی سیستم می‌کاهد. مقدار استاندارد جریان‌یابی ترکیبات قالبگیری ملابین - فرمالدهید از $0/889$ تا $1/092$ mm است [۱۳].

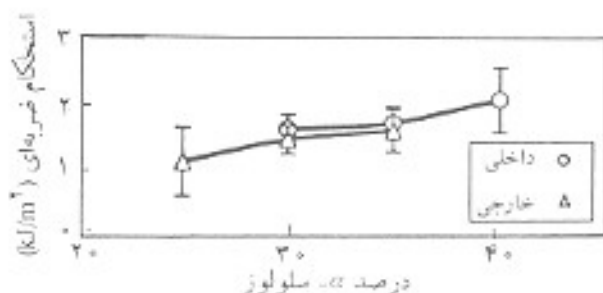
خواص مکانیکی

در جدول ۲ خواص مکانیکی آمیزه‌های ملابین - فرمالدهید آورده شده است که در ادامه نتایج بدست آمده بحث می‌شود.

استحکام کششی

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، در ترکیبات تقویت شده با الیاف سلولوز خارجی با افزایش مقدار درصد وزنی « α » سلولوز تا ۳۵ درصد استحکام کششی زیاد می‌شود، ولی پس از آن استحکام کششی افت می‌کند. این امر می‌تواند ناشی از آن باشد که وقتی درصد « α »

افزایش می‌یابد که این امر ناشی از نقش الیاف در بهبود چقرمگی است. بنظر می‌رسد علت اینکه استحکام ضربه‌ای آمیزه‌های تقویت شده با الیاف «- سلولوز داخلی کمتر از آمیزه‌های پر شده با «- سلولوز خارجی است، وجود خلل و فرج در سطح این الیاف باشد که این خلل و فرج به عنوان نقاط تمرکز تنش و منابع ترکهای ریز عمل می‌کند و استحکام ضربه‌ای را کاهش می‌دهد. علت پایین بودن مقاومت در برابر ضربه مواد MT (495 kJ/m^2) احتمالاً به دلیل خرد شدن زیاد الیاف آنها در اکسترودر است. چون این آمیزه‌ها با اکسترودرهای مخلوط‌کن بسیار قوی مخلوط و پیش‌بخت می‌شوند و سپس به پودرهای قالبگیری تبدیل می‌گردند، در حالی که در تهیه آمیزه‌های دیگر این مرحله وجود ندارد.



شکل ۶- تغییرات استحکام ضربه‌ای بر حسب مقادیر مختلف «- سلولوز خارجی (MI) و داخلی (MI).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که در بعضی از خواص آمیزه‌های تقویت شده با الیاف «- سلولوز داخلی برتری دارند و در برخی از خواص دیگر، آمیزه‌های تقویت شده با الیاف «- سلولوز خارجی کارایی بهتری نشان می‌دهند، ولی با توجه به پراکندگی نتایج تفاوت زیادی از این نقطه نظر بین آنها مشاهده نمی‌شود. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که از لحاظ خواص مکانیکی این آمیزه‌ها تفاوت قابل توجهی با هم ندارند.

از نقطه نظر پراقت که در عمده کاربردهای خانگی این ترکیبات بسیار اهمیت دارد، ترکیبات تقویت شده با الیاف سلولوز داخلی کدرترند و این امر استفاده از آنها را با مشکل مواجه می‌کند. همچنین، نتایج میکروسکوپ الکترونی بیانگر تخلخل سطحی بیشتر الیاف سلولوز داخلی است که سبب مشکندر شدن شرایط فرآوری و کاهش استحکام ضربه‌ای آنها می‌گردد. اما، با برخی اصلاحات در زمینه خواص فیزیکی الیاف «- سلولوز داخلی می‌توان آنها را جایگزین الیاف «- سلولوز خارجی کرد.

قدردانی

از مسئولان محترم شرکت صنایع شیمیایی فارس به ویژه آقایان مهندس باژغی، مهندس محمدنیا، مهندس پذیرایی و مهندس کلانتری که در تهیه نمونه‌ها همکاری داشتند قدردانی می‌شود.

مراجع

1. Sandler S. R. and Karo W.; *Polymer Syntheses*; 2.

ملامین - فرمالدهید تقویت شده با الیاف «- سلولوز، با افزایش مقدار درصد وزنی آن بیشتر می‌شود. این افزایش در هر دو نوع لیف مشاهده می‌شود. از سوی دیگر، با افزایش درصد وزنی «- سلولوز بار خمشی اعمال شده به الیاف مستقل می‌شود و بیرون آمدن لیف و جدایی فصل مشترک مقدار زیادی از بار اعمال شده را خنثی می‌کند. چنانچه دیده می‌شود استحکام خمشی آمیزه‌های با درصدهای برابر «- سلولوز داخلی و خارجی تقریباً یکسان است. در آزمایش خمش ضعفهای موجود در ماده از قبیل وجود حفره، خلل و فرج و ضعفهای دیگر اثر کمتری در مقایسه با آزمون کشش نشان می‌دهد.

استحکام برشی بین لایه‌ای (ILSS)

این آزمون مطابق آزمون خمش سه نقطه‌ای روی نمونه‌های کوچک انجام شد و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. چنانکه دیده می‌شود، استحکام برشی بین لایه‌ای با افزایش درصد الیاف در هر دو نوع آمیزه افزایش می‌یابد. بنظر می‌رسد که علت بیشتر بودن استحکام برشی بین لایه‌ای آمیزه‌های تقویت شده با «- سلولوز خارجی نقص کمتر در سطح این الیاف باشد. چون در این آزمایش بیشتر آثار فصل مشترک نقش خود را نشان می‌دهند، از این رو دیده می‌شود که استحکام آمیزه‌هایی که الیاف آن نقص کمتری دارند، بیشتر از آمیزه‌هایی است که نقص بیشتری در ساختار آنها وجود دارد.

استحکام ضربه‌ای

از آنجاکه از نظر کاربردی استحکام ضربه‌ای ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید بسیار اهمیت دارد، از این رو ضروری است که استحکام ضربه‌ای این قطعات بررسی شود. نتایج آزمون ضربه در شکل ۶ ارائه شده است. در آمیزه‌های تقویت شده با الیاف «- سلولوز داخلی و «- سلولوز خارجی، با افزایش مقدار «- سلولوز مقاومت در برابر ضربه

Application Industrial Chemistry, Hanser, 1998.

8. Bunsell A. R.; *Fiber Reinforcement for Composite Materials*; Elsevier, 1998.
9. Mileski J. V. and Kast H. S.; *Handbook of Reinforced Resin Systems*; Applied Science., London, 1980.
10. Chawla K.; *Composite Materials, Science and Engineering*; Springer-Verlag, 1987.
11. Gutowski T. G.; *Advanced Composites Manufacturing*; John Wiley & Sons, 1997.
12. Annual Book of ASTM Standard, **0801**.
13. Annual Book of ASTM Standard, **0802**.
14. Hull D. and Clyne T. W.; *An Introduction to Composite Materials*; 2nd Ed., Cambridge University, 1996.

Academic, 1997.

2. Brydson J. A.; *Plastics Materials*; Cambridge University, 1989.
3. Hagstrand P.O., Rychwalski R.W. and Klason C., Microstructure and Analysis of a Ternary Melamine-Formaldehyde Composite; *Polym. Eng. Sci.*; **38**, 8, 1324-36, 1998.
4. Lee S. M., *International Encyclopedia of Composites*, **1**, VCH, 1988.
5. Swaraj Poul; *Surface Coating Science and Technology*, Wiley Interscience, 1998.
6. Vale C. P., M. A., F. R. I. C., A. P. I., and W. G. K. Talor, B. S., A. R. I. C., *Amino Plastics*, Iliff Books, 1964.
7. H. Dominghaus, *Plastics for Engineers, Materials, Properties*,