

خواص مکانیکی و شکل شناسی فرآورده مرکب تهیه شده از الیاف کاغذ-پلی اتیلن سنگین

علیرضا شاکری و سیدعلی هاشمی

گروه کامپوزیت، پژوهشگاه پلیمر ایران، تهران
تاریخ دریافت: ۸۰/۸/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۰/۱۲/۲۵

چکیده

جهت تهیه فرآورده مرکب الیاف کاغذ - پلی اتیلن سنگین (HDPE)، الیاف دو نوع خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) و خمیر شیمیایی - مکانیکی (CMP) در چهار سطح ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی با پلی اتیلن سنگین مخلوط شدند. ترکیب آلی وینیل تری اتوکسی سیلان به عنوان جفت کننده در سه سطح ۱۰، ۲ و ۳ درصد وزنی بکار رفت. ویژگی های فرآورده مرکب با پلی اتیلن خالص به عنوان شاهد مقایسه شد. پیونددار شدن پلیمر با جفت کننده سیلانی توسط اندازه گیری زاویه تماس آب و طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که افزایش مقدار الیاف هر دو نوع خمیر کاغذ در فرآورده مرکب، طول شکست در محل گسیختگی را کاهش اما مدول الاستیسیته را افزایش می دهد. تغییرات مقاومت کششی با تغییر مقدار الیاف معنی دار نیست ولی در حضور جفت کننده مقاومت کششی نسبت به پلی اتیلن خالص بیشتر است. بهترین مقاومت کششی و مدول الاستیسیته رابه ترتیب نمونه های حاوی ۳۰ درصد الیاف کاغذ CMP و ۲ درصد جفت کننده سیلانی و ۱۰ درصد الیاف خمیر کاغذ CMP و ۱ درصد جفت کننده دارند که از مقاومت به ضربه بالاتری نسبت به بقیه نمونه ها برخوردار هستند. نتایج حاصله نشان می دهد که تیمارهای حاوی خمیر کاغذ CMP در مجموع خواص مکانیکی بهتری نسبت به تیمارهای حاوی خمیر کاغذ NSSC دارند.

واژه های کلیدی: خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC)، خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP)، پلی اتیلن سنگین (HDPE)، مواد مرکب، وینیل تری اتوکسی سیلان، جفت کننده.

مقدمه

اغلب می توان خواص پلیمرها را با استفاده از پرکننده الیاف به منظور افزایش استحکام و سختی اصلاح نمود. در دو دهه گذشته استفاده از الیاف

طبیعی مورد توجه پژوهشگران و صاحبان صنایع قرار گرفته است. الیاف طبیعی ارزان قیمت بوده، دانسیته کم و خواص ویژه بالایی دارند. این الیاف برخلاف الیاف تقویت کننده دیگر زیست سازگار



و غیرسایده هستند. صفت مشخص آنها ناسازگاری الیاف با فاز پلیمری، تمایل آنها به تجمع در حین فرایند و حساسیت به رطوبت می باشد که کاهش استفاده از آنها را در پلیمرهای تقویت شده باعث شده است (۷).

الیاف خمیر کاغذ جزء مواد لیفی ناپیوسته می باشند که در کامپوزیتهای الیاف کوتاه به کار می روند.

کامپوزیتهای الیاف کوتاه برحمتی با انواع قالبها شکل دهی می شوند. کامپوزیت الیاف کاغذ- پلیمر همانند سایر کامپوزیت ها شامل دو فاز زمینه^۱ و تقویت کننده (الیاف) می باشد.

فاز زمینه، نقش انتقال تنش به فاز تقویت کننده (الیاف) را دارد و می تواند از جنس پلیمر گرمانرم یا گرماسخت باشد. کامپوزیت های گرماسخت فرمول بندی پیچیده ای دارند زیرا شامل ترکیباتی نظیر رزین پایه، مواد پخت کننده، کاتالیزور، مواد رهاکننده و سخت کننده هستند. این مواد کامپوزیتی بصورت فرآیند شیمیایی پخت هستند و ساختار شبکه ای سه بعدی دارند که به حلال و خزش مقاوم می باشند. استفاده از الیاف در این ماتریسها تا ۸۰ درصد امکان پذیر است.

پلیمرهای گرمانرم نسبت به گرماسخت برتری هایی داشته و قابل بازیابی هستند. یکی از مزایای کامپوزیت های تهیه شده از پلیمرهای گرمانرم کم بودن هزینه فراورش، انعطاف پذیری طراحی و توانایی پرکردن قالبهای پیچیده است. مقدار الیاف در کامپوزیت های تهیه شده توسط فرایند شکل دهی محدود می شود. جهت یابی الیاف در کامپوزیت های تولید شده از این پلیمرها تصادفی است، لذا اصلاح خواص به اندازه پلیمرهای گرماسخت نیست (۳).

بین پلیمر گرمانرم غیرقطبی و الیاف سلولزی (خمیر کاغذ) سازگاری ناچیزی وجود دارد، لذا با استفاده از یک عامل شیمیایی جفت کننده با برقراری اتصال، این دو ماده با هم سطوح مشترک بیشتری می یابند. عامل جفت کننده نیروهای اندروالسی بین الیاف و پلیمرهای گرمانرم را به پیوند کوالانسی تبدیل می کند. فرآیند جفت شدن توسط عوامل بسیاری نظیر نوع الیاف، ماده پلیمری، روش تولید، نسبت وزنی الیاف به پلیمر و میزان ماده جفت کننده تحت تأثیر قرار می گیرد. معمولاً عوامل جفت کننده بر روی سطح الیاف سلولزی یا مواد گرمانرم پیوند زده می شوند (۶).

در این تحقیق کامپوزیت تهیه شده از الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - حرارتی - مکانیکی (CTMP) و پلی اتیلن سنگین (HDPE) با جفت کننده سیلانی در سه سطح ۲، ۴ و ۶ درصد و خواص مکانیکی فرآورده حاوی تهیه شده مورد بررسی قرار گرفته است و نمونه های حاوی ۲ درصد سیلان بهترین خواص مکانیکی را داشته اند (۵).

خواص مکانیکی کامپوزیت الیاف سلولزی چوب و پلی اتیلن سنگین در تحقیقی دیگر بررسی و ملاحظه شد که با استفاده از پلی پروپیلن مائیک انیدرید دار شده (MAPP) خواص مکانیکی کامپوزیت بهبود می یابد (۸).

در پژوهشی دیگر، سطح الیاف سلولزی با پلاسمای سرد تیمار و با پلی اتیلن، پلی پروپیلن و پلی استایرن کامپوزیت تهیه شد. با بررسی نتایج مشخص شد که بواسطه واکنش های اسیدی سطح پلیمر با الیاف سلولزی، خواص مکانیکی کامپوزیت اصلاح می شود (۴).

در تحقیق دیگری، با استفاده از الیاف سلولزی، الیاف خام چوب و الیاف کاغذ باطله و پلی اتیلن سنگین کامپوزیت تهیه شد و خواص مکانیکی آن



برای این منظور ابتدا عامل جفت کننده سیلانی با حضور دی‌کومیل‌پراکسید (DCP) به مقدار ۰/۲ درصد به‌عنوان شروع کننده بروی پلی‌اتیلن در دو سطح ۱ و ۲ درصد پیوند زده شد. سپس دو نوع خمیر کاغذ به مخلوط اضافه شد. همچنین تیمارهای بدون جفت کننده سیلانی تهیه گردید. زمان هر اختلاط در مجموع ۱۰ الی ۱۲ دقیقه و وزن هر مخلوط آزمونی ۵۰ گرم بود که در آن الیاف خمیر کاغذ در چهار سطح ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی نسبت به پلیمر بوده است.

آزمون پیونددار کردن سیلان بر روی

پلیمر

الف) طیف سنجی (FT-IR): برای اینکار فیلم نازکی از آمیزه پیونددار شده (قبل از افزودن خمیر کاغذ) بوسیله پرس داغ تهیه شد. در حلال استن در دستگاه رفلکس، سیلان پیوند نشده جدا شد. آنگاه از فیلم ذکر شده طیف زیر قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) با دستگاه طیف سنج بروکر مدل IFS48 گرفته شد و با طیف پلی اتیلن سنگین خالص مقایسه شد.

ب) اندازه گیری زاویه تماس: آب سازگاری تیمارهای پیونددار شده با جفت‌کننده سیلانی با روش اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب با سطح پلیمر بررسی شد. بدین منظور قطره‌های آب با میکروسرنج در سه نقطه مجزا بروی سطح هر نمونه قرار داده شد و بوسیله دستگاه اندازه‌گیری زاویه تماس کروس^۲ مدل G2/640 اندازه‌گیری شد. هر زاویه تماس، میانگین انجام سه آزمایش است.

اندازه گیری خواص مکانیکی

در این تحقیق آزمونهای مقاومت به ضربه

مورد بررسی قرار گرفت. کامپوزیت حاصل از الیاف کاغذ باطله (به مقدار ۳۰ درصد وزنی) به همراه ۲ درصد مالتیک انیدرید (به‌عنوان جفت کننده) به‌عنوان بهترین تیمار توصیه شد (۱).
باتوجه به نتایج حاصل از پژوهشهای انجام شده که به آن اشاره شد، هدف از انجام این تحقیق استفاده از الیاف دو نوع خمیر کاغذ تولیدی کارخانه چوب و کاغذ مازندران به‌عنوان تقویت کننده پلیمر برای تهیه فرآورده مرکب به‌روش پیونددار کردن سطح پلیمر با جفت‌کننده سیلانی و تعیین نوع و مقدار مناسب خمیر کاغذ و مقدار جفت کننده سیلانی مناسب برای بهبود خواص مکانیکی پلی اتیلن می‌باشد.

مواد و روشها

در این تحقیق از پلی اتیلن سنگین (HDPE) از محصولات مجتمع پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب $4 \text{ gr}/10 \text{ min}$ به عنوان ماده زمینه واز دو نوع خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) و خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP) از کارخانه چوب و کاغذ مازندران به‌عنوان الیاف تقویت‌کننده و جهت سازگار کردن الیاف خمیر کاغذ با ماده زمینه ازوینیل (تری اتوکسی) سیلان با خلوص ۹۸ درصد از شرکت فلوکا سوئیس و دی کومیل پراکسید (DCP) با خلوص ۹۷ درصد از شرکت آلدریج آمریکا به‌عنوان شروع کننده رادیکالی استفاده شد.

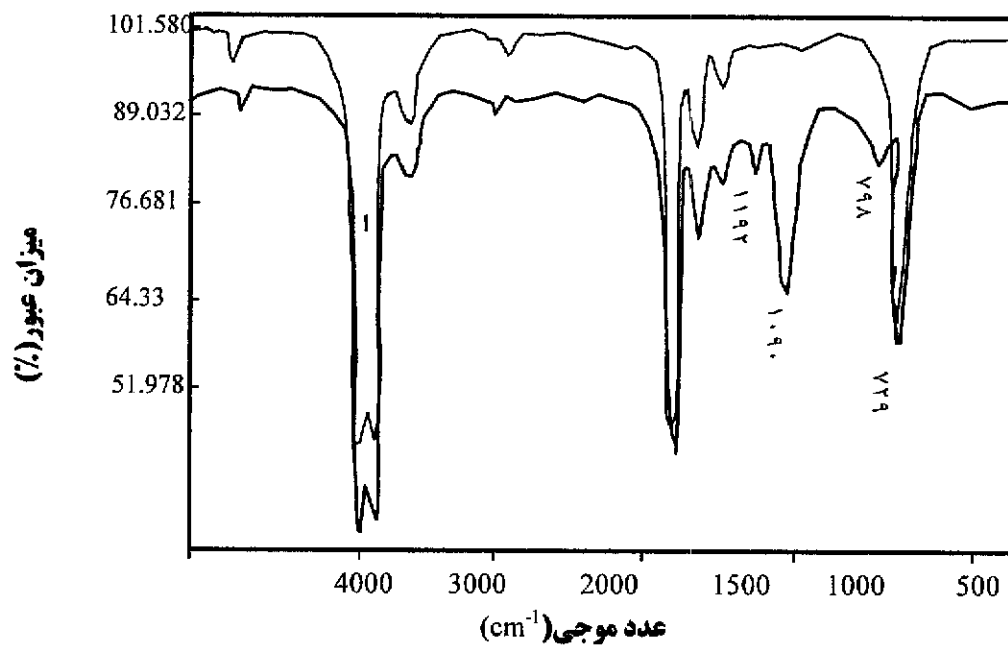
الیاف خمیر کاغذ ابتدا در آون با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد بمدت یک هفته کاملاً خشک و سپس با آسیاب چکششی آزمایشگاهی خرد و از الک بانمره ۴۰ عبور داده شد.

عملیات پیونددار کردن پلیمر و ساخت فرآورده مرکب در یک دستگاه مخلوط کن داخلی (Hakke) در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت دور موتور ۴۵ دور در دقیقه انجام شد.



جدول ۱ - سطوح عوامل متغیر مورد مطالعه و علائم مربوط به آنها.

عامل متغیر	علامت اختصاری	تعداد سطح	نامگذاری سطح
درصد الیاف	A	4	A1=10 A2=20 A3=25 A4=30
نوع الیاف	B	2	B1: خمیر کاغذ CMP B2: خمیر کاغذ NSSC
درصد جفت کننده سیلانی	C	3	C1=0 C2=1 C3=2



شکل ۱ - نمودار FT-IR پلی اتیلن پیونددار شده با سیلان (-) و پلی اتیلن بدون سیلان (-).

جدول ۲ - مقادیر زاویه تماس سطح پلیمر با آب.

پلی اتیلن خالص	پلی اتیلن پیوند دار شده با ۱٪ سیلان	پلی اتیلن پیوند دار شده با ۲٪ سیلان
۸۰/۵	۷۵/۶	۷۱/۲



نتایج و بحث

پیوند دار کردن سیلان بر روی پلیمر

الف) مطالعه طیف سنجی: یک روش مطمئن و کمی برای تعیین میزان پیونددار کردن سیلان بر روی سطح پلیمر طیف سنجی FT-IR می باشد. پیک موجود در 1090cm^{-1} مشخصه گروه سیلان آویزان بر روی زنجیر پلی اتیلن است. برای بررسی مقدار نسبی پیونددار شدن و مقایسه تیمارها از لحاظ مقدار پیونددار شدن نسبت سطح پیک جذبی عدد موجی 1090cm^{-1} به سطح پیک جذبی عدد موجی 729cm^{-1} که در تمام تیمارها یکسان است و ربطی به مقدار پیونددار شدن ندارد، مبنای مقایسه قرار داده شد و مشخص شد با افزایش سیلان سطح این پیک افزایش می یابد.

ب) اثر پیوند دار شدن سیلان بر روی زاویه تماس: با توجه به اینکه در اثر پیونددار شدن سیلان میزان و نوع گروه های سطحی پلیمر تغییر می کند، بنابراین زاویه تماس آب با سطح پلیمر و به عبارتی میزان ترشوندگی^۲ پلیمر توسط آب نیز تغییر می کند. در جدول ۲ زاویه تماس سه نمونه پلی اتیلن خالص و پلی اتیلن پیونددار شده با سیلان نشان داده شده است.

همانطوریکه ملاحظه می شود در اثر پیونددار کردن سیلان بر روی سطح پلیمر، زاویه تماس قطره آب کم می شود و این کاهش به این دلیل است که با پیونددار کردن سطح پلیمر با سیلان، گروه های قطبی و در نتیجه نسبت اکسیژن به کربن بر روی سطح پلیمر زیاد می شوند. بنابراین ترشوندگی بیشتر شده و زاویه تماس کاهش می یابد. با افزایش درصد سیلان این کاهش بیشتر است.

مقاومت کششی

بین مقادیر مقاومت کششی در تیمارهای

شکافدار، مقاومت کششی، درصد ازدیاد طول و مدول کششی انجام شد. لذا پس از تهیه کامپوزیت، ورقه هایی به ضخامت ۱ میلی متر از آنها ساخته شد. نمونه های آزمایشی با توجه به استانداردهای مربوطه و به روش قالبگیری فشاری در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد و تحت فشار 150kg/cm^2 تهیه شدند. زمان قالبگیری ۵ دقیقه بود و هر نمونه حداقل سه بار هواگیری شد. حداقل ۳ نمونه از هر تیمار آزمون شد.

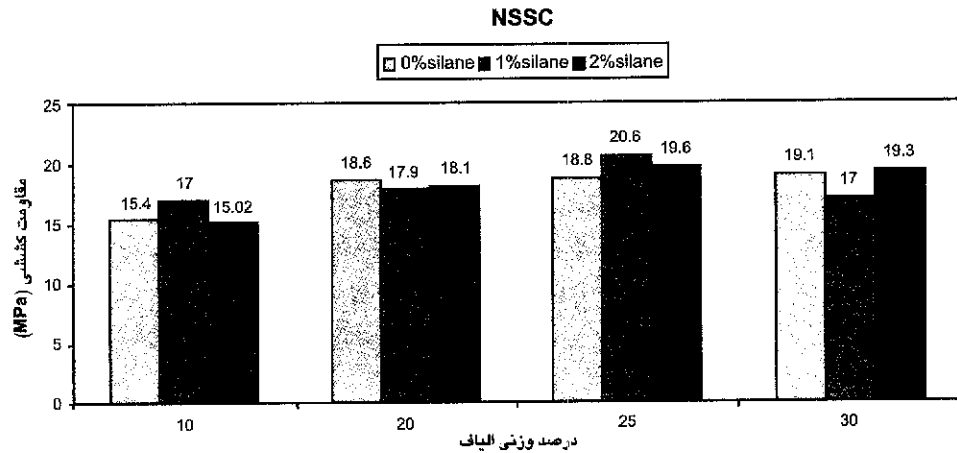
مقاومت ضربه نمونه های شکافدار مطابق استاندارد ASTM D625 با دستگاه پاندولی ساخت شرکت Zwick و خواص کششی مطابق استاندارد ASTM D638 با دستگاه Instron مدل 6025 اندازه گیری شد.

مطالعه میکروسکوپی

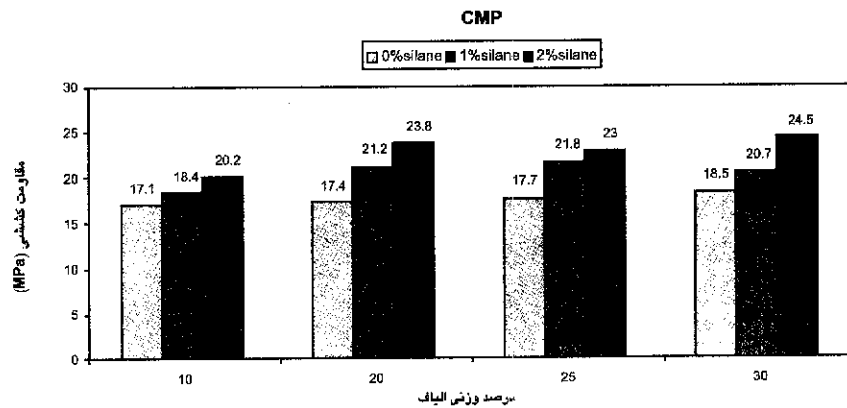
جهت مشخص کردن چسبندگی الیاف خمیر کاغذ به پلیمر، شکل شناسی سطح شکست نمونه های آزمون ضربه از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ساخت کمبریج شرکت مدل S360 استفاده شد. برای اینکار تراشه هایی به ضخامت ۵ میلی متر از سطح شکست نمونه ها تهیه گردید. آنگاه پوششی از طلا به ضخامت 10nm به روش تبخیر در خلاء بر روی تراشه ها ایجاد شد و بعد از پوشش دهی، پایه ها شماره گذاری شد و بر روی صفحه مخصوص موجود در محفظه نمونه میکروسکوپ قرار گرفتند. (۲).

نتایج این تحقیق بصورت آزمایشهای فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۴ تیمار و ۳ تکرار لحاظ گردید و از پلی اتیلن خالص به عنوان شاهد استفاده شد. اثر مستقل و متقابل فاکتورها توسط تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۱). جداسازی میانگین ها توسط آزمون دانکن انجام شد.

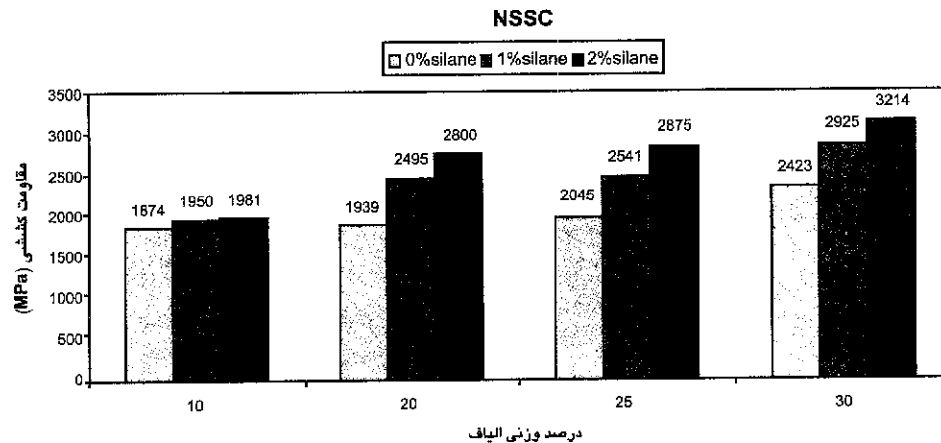




شکل ۲ - تغییرات مقاومت کششی بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ NSSC.

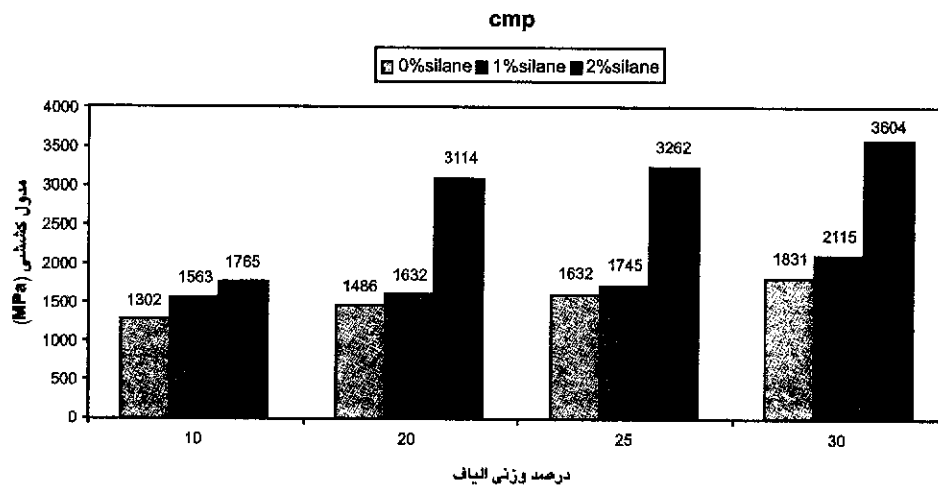


شکل ۳ - تغییرات مقاومت کششی بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ CMP.

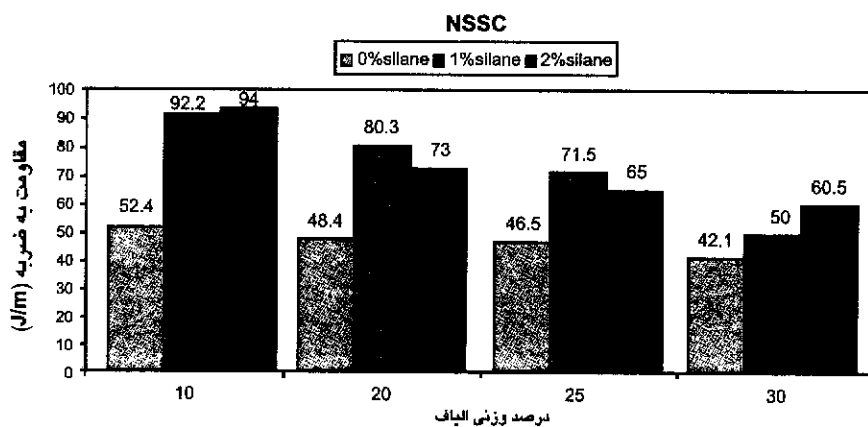


شکل ۴ - تغییرات مدول کششی بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ NSSC.

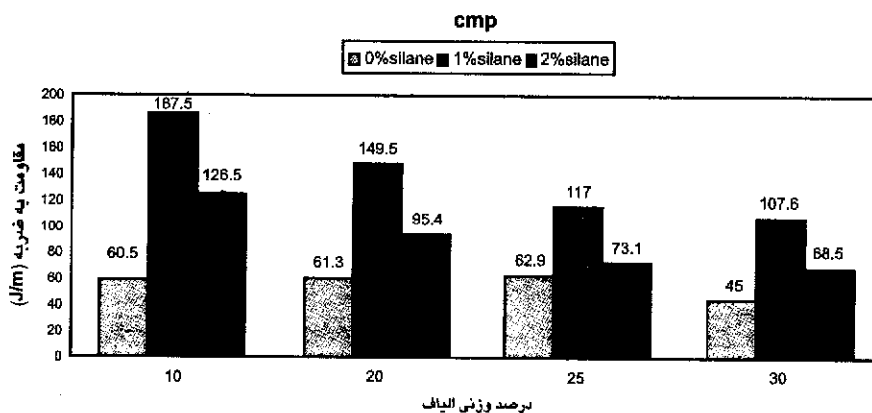




شکل ۵- تغییرات مدول کششی بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ CMP.



شکل ۶- تغییرات مقاومت به ضربه بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ NSSC.



شکل ۷- تغییرات مقاومت به ضربه بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ CMP.



مختلف و در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. همانطوریکه در شکل های ۲ و ۳ مشاهده می شود، اثر مستقل درصد الیاف و نوع الیاف بر روی مقاومت کششی ماده مرکب معنی دار نمی باشد، ولی وجود جفت کننده سیلانی سبب بهبود خواص مقاومت کششی می شود، بطوریکه فرآورده حاصل از ۳۰ درصد الیاف خمیر کاغذ CMP با ۲ درصد جفت کننده سیلانی سبب افزایش ۳۵ درصد مقاومت کششی نسبت به پلیمر خالص می گردد. بنظر می رسد این افزایش ناشی از این باشد که خمیر الیاف کاغذ CMP بعلت داشتن لیگنین بیشتر، سازگاری و چسبندگی بیشتری با پلی اتیلن دارد.

مدول کششی

بین میانگین مدول کششی ماده مرکب در تیمارهای مختلف و در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. در شکل های ۴ و ۵ ملاحظه می شود که افزایش درصد الیاف خمیر کاغذ باعث افزایش مدول کششی می شود. این افزایش در فرآورده مرکب حاوی الیاف خمیر کاغذ CMP و ۲ درصد وزنی جفت کننده سیلانی بسیار مشهود است، بطوریکه مدول کششی در فرآورده مرکب حاصله بین ۲ تا ۵/۵ مرتبه نسبت به پلی اتیلن خالص افزایش می یابد. همچنین افزایش درصد ماده جفت کننده سیلانی در هر یک از سطوح مقدار الیاف خمیر کاغذ، سبب بهبود مدول کششی می شود زیرا چسبندگی الیاف به سطح پلیمر بیشتر می شود.

مقاومت ضربه

بین میانگین مقاومت به ضربه نمونه شکافدار تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. افزودن الیاف خمیر کاغذ به پلیمر باعث کاهش مقاومت

به ضربه فرآورده مرکب حاصل می شود و با افزایش درصد الیاف خمیر کاغذ این کاهش مشهودتر است. (شکل های ۶ و ۷)

این مسئله به خاطر عدم سازگاری بین الیاف و ماده زمینه است، در اثر اعمال نیرو، انتقال تنش در این ناحیه وجود ندارد و مقاومت به ضربه کاهش می یابد. با افزایش درصد الیاف خمیر کاغذ این عدم سازگاری بیشتر شده و فرآورده در مقابل ضربه ضعیف تر می شود، ولی با افزودن جفت کننده سیلانی به میزان ۱ درصد، چون بین الیاف و سطح پلیمر اتصال و چسبندگی برقرار می شود این عدم سازگاری کمتر شده و الیاف توسط سطح پلیمر خیس می شوند و مقاومت به ضربه افزایش می یابد.

درصد ازدیاد طول در نقطه پارگی

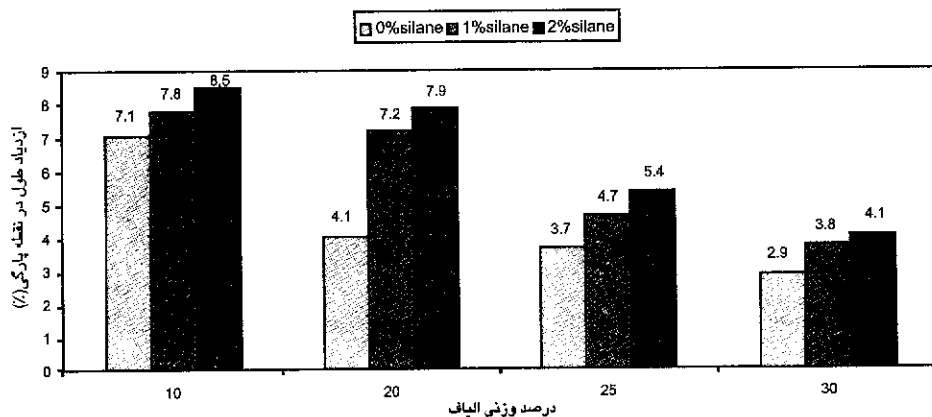
بین مقادیر درصد ازدیاد طول در نقطه پارگی نمونه ها در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. افزایش درصد الیاف خمیر کاغذ در ازدیاد طول پارگی نمونه ها باعث کاهش قابل توجهی در این ویژگی شده است، ولی جفت کننده سیلانی در یک سطح الیاف خمیر کاغذ سبب افزایش ازدیاد طول در نقطه پارگی نمونه می شود. همانطوریکه در شکل های ۸ و ۹ ملاحظه می شود، افزودن الیاف خمیر کاغذ سبب کاهش تغییر طول فرآورده مرکب می شود زیرا وجود الیاف مانع ازدیاد طول در محل پارگی شده و مقاومت ایجاد شده در ترکیب های حاوی الیاف بشدت کاهش می یابد.

بررسی شکل شناسی

سطح شکست نمونه ها در آزمایش ضربه به کمک میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱۰ مربوط به پلی اتیلن فاسد الیاف حاوی سیلان است همانطوریکه مشاهده می شود

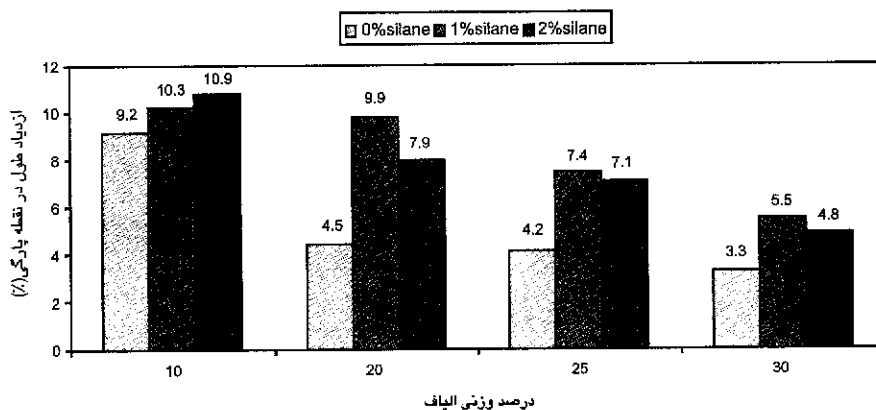


NSSC



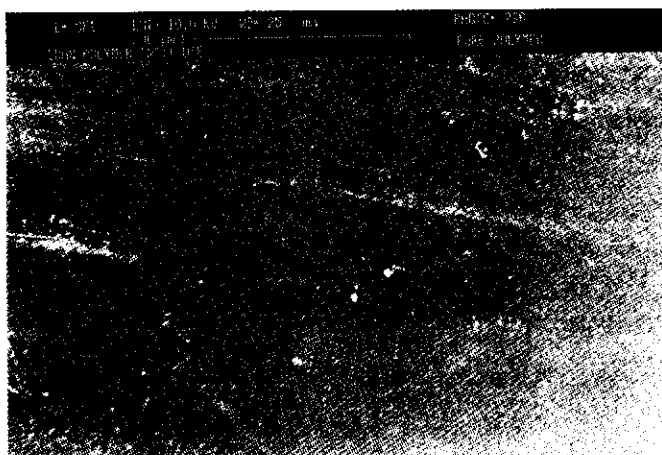
شکل ۸ - تغییرات ازدیاد طول در نقطه پارگی بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ NSSC.

CMP



شکل ۹ - تغییرات ازدیاد طول در نقطه پارگی بر حسب درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ CMP.

۱۷۹



شکل ۱۰ - عکس SEM پلی اتیلن بدون الیاف خمیر کاغذ با بزرگنمایی ۱۰۰.



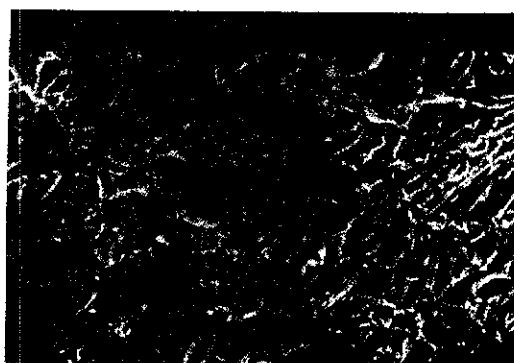
شکل ۱۲ - عکس SEM پلی اتیلن با ۱۰٪ الیاف خمیر کاغذ
NSSC بدون جفت کننده با بزرگنمایی ۲۰۰



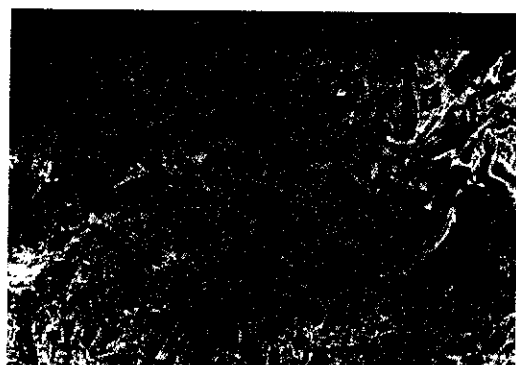
شکل ۱۱ - عکس SEM پلی اتیلن با ۲۵٪ الیاف خمیر CMP
بدون جفت کننده با بزرگنمایی ۲۰۰



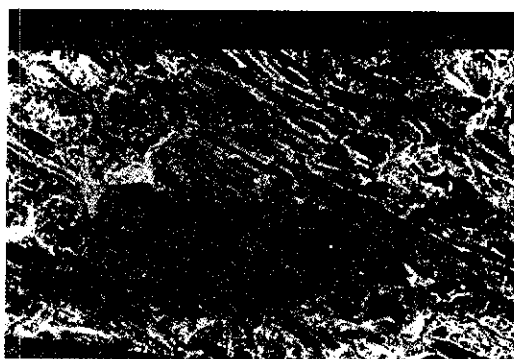
شکل ۱۵ - عکس SEM پلی اتیلن با ۱۰٪ الیاف خمیر کاغذ
NSSC با ۱٪ جفت کننده با بزرگنمایی ۲۰۰



شکل ۱۲ - عکس SEM پلی اتیلن با ۲۵٪ الیاف خمیر کاغذ
CMP با ۱٪ جفت کننده با بزرگنمایی ۲۰۰



شکل ۱۶ - عکس SEM پلی اتیلن با ۱۰٪ الیاف خمیر کاغذ
NSSC با ۲٪ جفت کننده با بزرگنمایی ۲۰۰



شکل ۱۳ - عکس SEM پلی اتیلن با ۲۵٪ الیاف خمیر کاغذ
CMP با ۲٪ جفت کننده با بزرگنمایی ۲۰۰

زمینه پلیمر کاملاً یکنواخت است. شکل ۱۱ مربوط به فرآورده مرکب حاوی ۲۵ درصد الیاف خمیر کاغذ CMP بدون ماده جفت کننده می باشد. در این تصویر عدم چسبندگی الیاف خمیر کاغذ و پلیمر قابل رویت است و جدا شدن الیاف در اثر ضربه و ایجاد حفره در روی زمینه پلیمر مشخص است. شکل ۱۲ همانند تیمارهای قبلی دارای ۲۵ درصد وزنی الیاف خمیر کاغذ می باشد با این تفاوت که سطح پلیمر توسط سیلان پیونددار شده است. در این تصویر در هم رفتگی و اتصال بین الیاف و ماتریس پلیمر و ترشوندگی الیاف خمیر کاغذ در اثر حضور ماده جفت کننده به خوبی مشهود است. شکل ۱۳ همانند تیمار قبلی حاوی ۲۵ درصد الیاف خمیر کاغذ CMP می باشد، اما درصد ماده جفت کننده سیلانی در آن بیشتر است، لذا خیس شونده گی الیاف و در هم رفتگی آن با پلیمر مشهودتر است. نظیر چنین تفسیری را می توان برای شکل های ۱۴، ۱۵ و ۱۶ برای فرآورده حاوی ۱۰ درصد الیاف خمیر کاغذ N SSC بترتیب بدون جفت کننده و حاوی ۱ و ۲ درصد جفت کننده مطرح کرد.

نتیجه گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که الیاف خمیر کاغذ می تواند به عنوان یک تقویت کننده آلی تخریب پذیر و ارزان قیمت در تهیه فرآورده مرکب استفاده شود. افزایش مقدار الیاف خمیر کاغذ بدون جفت کننده سبب کاهش خواصی نظیر مقاومت ضربه شکافدار، ازدیاد طول

پارگی و مقاومت کششی می شود ولی با استفاده از جفت کننده سیلانی تری اتوکسی ویتیل سیلان، خواص مکانیکی فرآورده حاصل نسبت به پلی اتیلن خالص افزایش می یابد. نتایج نشان می دهد که بهترین مقاومت کششی و مسدول الاستیسیته را فرآورده مرکب حاوی ۳۰ درصد الیاف خمیر کاغذ CMP با ۲ درصد ماده جفت کننده سیلانی و بهترین مقاومت به ضربه فاقدار را نمونه فرآورده مرکب حاوی ۱۰ درصد الیاف خمیر کاغذ CMP با ۱ درصد جفت کننده سیلانی دارا هستند.

همچنین از دو نوع خمیر کاغذ مورد استفاده، نمونه فرآورده مرکب حاوی الیاف خمیر کاغذ CMP بعلت داشتن لیگنین بیشتر و در نتیجه چسبندگی و سازگاری بهتر با فاز زمینه غیرقطبی، خواص مکانیکی بهتری را سبب می شود. همچنین این امر منجر به پراکنش بهتر الیاف خمیر کاغذ در فاز زمینه شده است.

پیشنهادات

در پایان بسا توجه به کاربرد این فرآورده مرکب در صنایع خودرو بعلت سبکی، پیشنهاد می شود موارد زیر مورد مطالعه قرار گیرد:

- ۱) طراحی روش پیوسته تولید فرآورده مرکب الیاف سلولزی- ترموپلاستیک.
- ۲) بررسی شرایط ساخت فرآورده های اسفنجی مرکب از الیاف لیگنوسلولزی و پلیمر.
- ۳) بررسی اثر رطوبت بر خواص مکانیکی فرآورده مرکب حاوی الیاف لیگنوسلولزی.

منابع

۱. ابراهیمی، ق. و س. صفازاده. ۱۳۷۹. مطالعه اختلاط الیاف سلولز طبیعی با پلی اتیلن سنگین و بررسی خواص مکانیکی فرآورده مرکب حاصله. مجله منابع طبیعی ایران، مجله ۵۳، شماره ۳.
۲. شکرالهی، پ. ۱۳۷۵. میکروسکوپ الکترونی پویشی و کاربرد آن در مطالعه ساختار پلیمرها، مجله علوم و تکنولوژی پلیمرها، سال نهم، شماره چهارم.



3. Bledzki, A.K., S. Rehame, and J. Gassan. 1998. Thermoplastic reinforced with wood filler. *Polym. Plast. Technol. Eng.* 37 (4): 451-468.
4. Fillix, J., H.P. Sehercher, and P. Gatenholm. 1994. Plasma modification of cellulose fibers. *J. Appl. Polymer Sci.* 51: 285-295.
5. Kokta, V., and R.G. Raj. 1991. Composites of saline treated cellulosic fibers and high-density polyethylene. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie.* 189: 169-182.
6. Lu, J.Z., Q. Wu, and S. Harold. 2000. Chemical coupling in wood fiber and polymer composite. *Wood Fiber Sci.* 32(1): 88-104.
7. Nabi Saheb, D., and J.P. Jog. 1999. Natural fiber polymer composites: A Review. *Adv. Polymer Technol.* 18 (4):351-363.
- 8- Selke, S.E., and J.Childress. 1994. Wood fiber high-density polyethylene composites: ability of additives to enhance mechanical properties. *Proceeding of the Fourth International Conference.* Forest product society. Madison U.S.A.



Mechanical and morphological properties of pulp paper reinforced-HDPE composites

A. Shakeri and S.A. Hashemi

Department of Composite, Iran Polymer Institute, Tehran, Iran.

Abstract

In preparation for pulp paper reinforced-HDPE composites, two types of paper pulp which named Neutral Sulfite Semi-Chemical (NSSC) and Chemical Mechanical pulp (CMP) were mixed with HDPE at four different levels of wt% of 10, 20, 25 and 30. Vinyl tri-ethoxy silane was used at 0, 1 and 2 wt% as coupling agent. The prepared composites were compared mechanically with samples made from HDPE matrix. Grafting of polymer with silane agent was studied using FT-IR and contact angle measurements. The results have shown that by increasing both type of paper pulps in composite, a reduction in elongation at break and an increase in elastic modulus are achieved. However, no significant change in tensile strength was observed when untreated HDPE was used as the matrix. Composites prepared from silane treated polymer show an increase in tensile strength. Compositions having 30% CMP fibers and 2% of coupling agent showed a higher tensile strength and elastic modulus in comparison with other systems. Compositions having 10% CMP fibers and 1% of silane coupling agent showed a higher impact strength when they were compared with other samples. The results have shown that compositions containing CMP fibers have better mechanical properties than ones having NSSC fibers.

Keywords: Neutral sulfite semi-chemical paper pulp(NSSC); chemical mechanical paper pulp (CMP); High density polyethylene (HDPE); Coupling agent; Composite

۱۸۳

