

مطالعه اثر عوامل جفت شونده سیلانی بر کامپوزیت‌های فنولی تقویت شده با الیاف شیشه

Silane Coupling Agents Effects on Reinforced Phenolic Molding Compounds

سید علی هاشمی، محمد حسین بهشتی

مرکز تحقیقات پلیمر ایران

دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲۳

چکیده

عوامل جفت شونده سیلانی اثر قابل توجهی بر خواص کامپوزیتها دارند. این عوامل نه تنها سبب حفظ خواص کامپوزیتها در محیط مرطوب می‌شوند، بلکه در حالت طبیعی نیز خواص آنها را بهبود می‌بخشند. اگر چه مطالعات و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است ولی اثر این عوامل بر کامپوزیت‌های فنولی، به ویژه در ترکیبات قالبگیری آنها، هنوز به خوبی بررسی نشده است. در این پژوهش، برای مطالعه اثر عوامل جفت شونده سیلانی بر کامپوزیت‌های فنولیه‌ای تقویت شده با الیاف کوتاه شیشه چهار حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است که عبارت‌اند از: اثر عوامل جفت شونده تجارتی روی الیاف، حالت بدون عامل و حالت‌های به عمل آمده با دو نوع عامل جفت شونده سیلانی آمینی. اثر این عوامل بر خواص خمشی کامپوزیت‌های فنولی تقویت شده با الیاف کوتاه شیشه در سه شرایط آزمون مختلف طبیعی، اثر و خشک بررسی شده و مطالعاتی روی سطح شکست نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی صورت گرفته است. نتایج حاصل بیانگر اهمیت نقش عوامل جفت شونده سیلانی در بهبود خواص این دسته از کامپوزیتها و حفظ این خواص در محیط مرطوب است و بهترین تأثیر را عامل جفت شونده سیلانی آمینی داشته است. بررسی‌های به عمل آمده با میکروسکوپ الکترونی بیانگر بهبود چسبندگی رزین به الیاف، در صورت استفاده از عوامل جفت شونده سیلانی است.

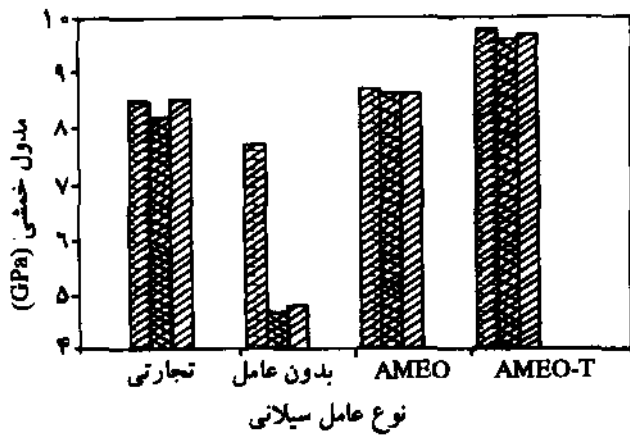
واژه‌های کلیدی: عوامل جفت شونده، سیلان، فنولی، ترکیبات قالبگیری، کامپوزیت

Key Words: coupling agents, silane, phenolic, molding compounds, composite

مقدمه

الیاف شیشه رایجترین تقویت کننده‌ای است که در صنعت کامپوزیت مصرف می‌شود. برای افزایش چسبندگی به ماتریسهای پلیمری، معمولاً این الیاف با عوامل جفت شونده سیلانی (silane coupling agents) عمل آوری (treatment) می‌شوند [۱]. سیلانها مهمترین عوامل جفت شونده برای کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف شیشه و همچنین کامپوزیت‌های دارای پرکننده‌های هیدروکسیل دار مانند ولاستونیت،

خاک رس، تالک و میکا می‌باشند. خواص کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف شیشه بستگی زیادی به نوع عامل سیلانی دارد که برای به عمل آوردن آنها مورد استفاده قرار گرفته است [۲ و ۳]. بهترین عامل سیلانی برای یک سیستم کامپوزیتی، عاملی است که گروه عاملی آلی آن فعالیت لازم و واکنش پذیری خوبی با ماتریس کامپوزیت داشته و با آن سازگار باشد. اگر چه مطالعات و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است [۳ و ۴، ۲]، ولی اثر این عوامل بر کامپوزیت‌های فنولی، به

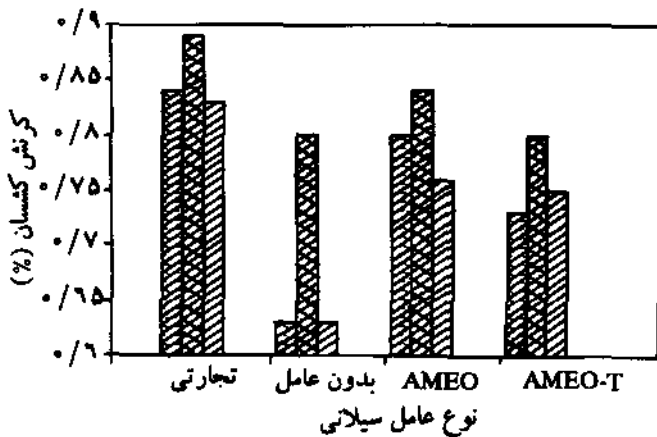


شکل ۲- اثر عوامل سیلانی بر مدول خمشی (شرایط آزمایش: خشک، تر، طبیعی).

در حالتی که از عوامل AMEO-T و AMEO استفاده شده نتایج بهتری به دست آمده است. در حالتی که عامل جفت شونده وجود نداشته هم مقدار استحکام خمشی پایین است و هم میزان افت در حالت مرطوب بیشتر است.

شکل ۵ تغییرات مدول خمشی را در حالتی مختلف نشان می دهد. گرچه در حالت طبیعی و بدون عامل سیلانی مدول خمشی از مقدار قابل توجهی برخوردار است، ولی در اثر رطوبت افت شدیدی نشان می دهد. در سه حالت دیگر نیز عوامل جفت شونده نقش خود را به خوبی ایفا کرده اند و برای سیلان AMEO-T بیشترین مقدار حاصل شده است.

شکل ۶ اثر عوامل سیلانی را بر کرنش کشسان نشان می دهد. در هر چهار حالت، در شرایط تر (wet) بیشترین مقدار کرنش حاصل شده است، زیرا رطوبت نقش نرم کننده ای را دارد و کرنش را افزایش



شکل ۳- اثر عوامل سیلانی بر کرنش خمشی (شرایط آزمایش: خشک، تر، طبیعی).

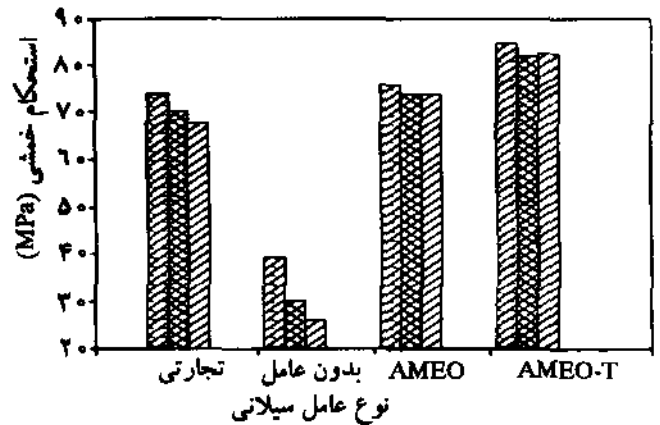
برای آمیزه سازی مواد، اجزای آمیزه پس از اختلاط اولیه، به وسیله آسیاب دو غلتکی به مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۲۰°C به طور کامل مخلوط شده اند (سرعت غلتک ۱۲ rpm و نسبت اصطکاک آنها ۱/۴ انتخاب شده است). آن گاه، ورق آمیزه گرفته شده از غلتک خرد می شود تا پودر قالبگیری مورد نظر تهیه گردد.

آزمونها

نمونه های آزمون خمش مطابق استاندارد ASTM D-۷۹۰M به روش قالبگیری فشاری تهیه شدند. قالبگیری در دمای ۱۷۰°C، فشار ۱۶۰ Kg/cm² و زمان پخت ۸ دقیقه صورت گرفت. آزمون خمش به کمک دستگاه اینسترون (Instron) مدل ۶۰۲۵ با واحد بارگذاری ۱۰ KN انجام شد و برای هر حالت حداقل ۷ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. آزمون خمش برای هر حالت روی سه دسته از نمونه ها صورت گرفت. یک دسته از نمونه ها در شرایط معمولی آزمایش شدند و دسته دیگر به مدت چهار ساعت در آب مقطر در حال جوش قرار داده شدند که برخی از آنها پس از بیرون آوردن از آب جوش و سرد شدن مورد آزمایش قرار گرفتند و بعضی دیگر پس از خشک شدن در آون خلاء (در ۶۵°C به مدت ۴ ساعت) آزمایش شدند. سطح شکست نمونه هایی که در حالت طبیعی آزمایش شدند، به وسیله میکروسکوپ الکترونی کمبریج (Cambridge) مدل S۳۶۰ مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج و بحث

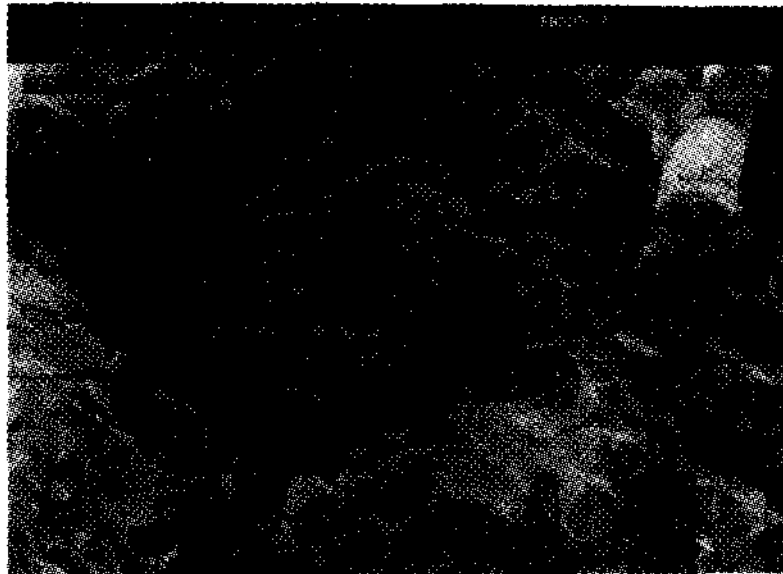
نتایج آزمون خمش برای سه شرایط آزمایش مختلف در شکل های ۱، ۲، و ۳ نشان داده شده اند. همان گونه که شکل ۱ نشان می دهد در هر سه حالت که عامل جفت شونده سیلانی وجود داشته، استحکام خمشی در حالت مرطوب افت چندانی نکرده است، یعنی عامل سیلانی توانسته است به خوبی از افت خواص در اثر رطوبت جلوگیری کند. همچنین،



شکل ۴- اثر عوامل سیلانی بر استحکام خمشی (شرایط آزمایش: خشک، تر، طبیعی).



(الف)



(ب)

شکل ۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست رزین فنولی تقویت شده با الیاف شیشه تجارتي که چسبندگی نسبتاً خوب رزین به الیاف را نشان می‌دهد: (الف) بزرگنمایی ۸۵۰ و (ب) بزرگنمایی ۱۸۰۰ است.

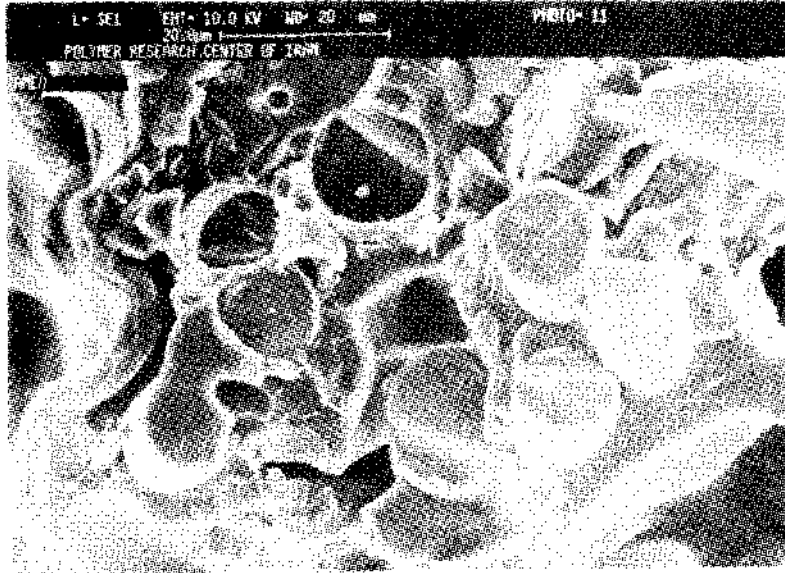


(الف)

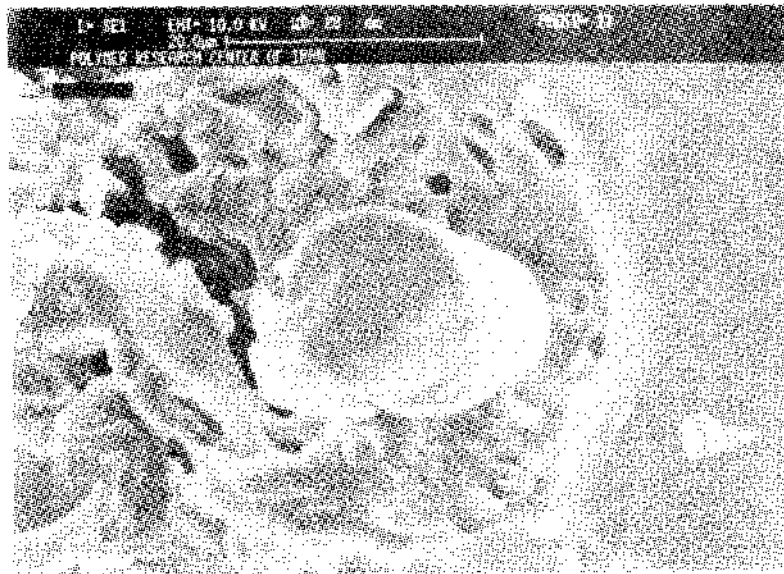


(ب)

شکل ۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست رزین فنولی تقویت شده با الیاف شیشه بدون عامل جفت شونده (تمیز شده) که عدم چسبندگی رزین به الیاف را نشان می‌دهد: (الف) بزرگنمایی ۸۰۰ و (ب) بزرگنمایی ۱۸۰۰ است.

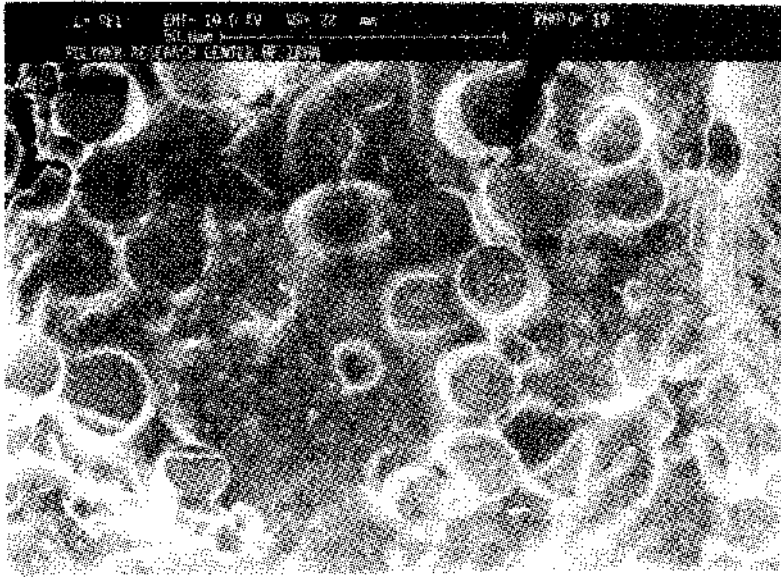


(الف)

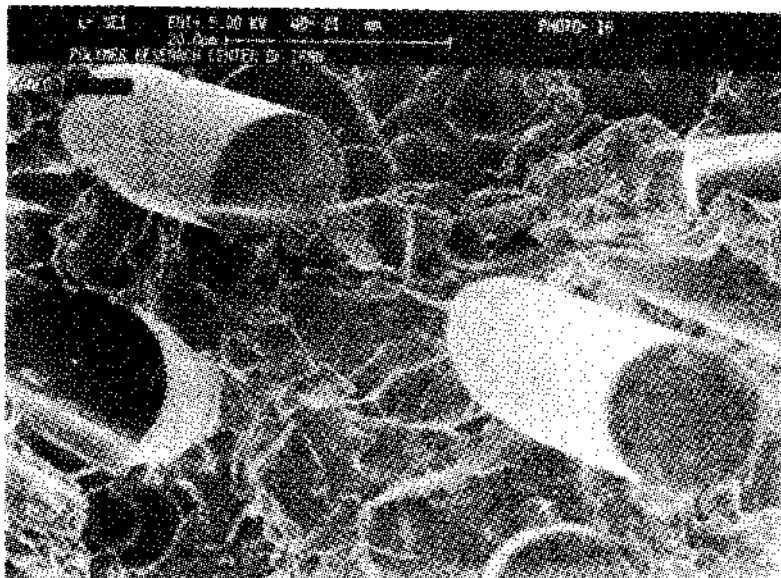


(ب)

شکل ۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست رزین فنونی تقویت شده با الیاف شیشه به عمل آمده با سیلان AMEO که چسبندگی خوب رزین به الیاف را نشان می‌دهد: (الف) بزرگنمایی ۶۰۰ و (ب) بزرگنمایی ۱۹۵۰ است.



(الف)



(ب)

شکل ۷- تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست رزین فنولی تقویت شده با الیاف شیشه به عمل آمده با سیلان AMEO-T که چسبندگی بسیار خوب رزین به الیاف را نشان می دهد: (الف) بزرگنمایی ۶۰۰ و (ب) بزرگنمایی ۱۹۵۰ است.

می‌دهد. جالب توجه است که عامل سیلانی سبب افزایش کرنش کامپوزیت می‌شود.

بررسیهای به عمل آمده به کمک میکروسکوپ الکترونی روی سطح شکست نمونه‌های آزمون خمش (شکل‌های ۴ تا ۷) بیانگر چسبندگی خوب رزین به الیاف، در صورت استفاده از عوامل سیلانی است. در حالت بدون عامل هیچ گونه چسبندگی بین الیاف و ماتریس مشاهده نمی‌شود و حفره‌های زیادی به چشم می‌خورد (شکل ۵) و بیانگر آنست که الیاف به راحتی از ماتریس بیرون کشیده شده‌اند.

قابل توجه است که اختلاط آمیزه‌هایی که الیاف آنها عامل سیلانی داشت با رزین و سایر اجزای آمیزه به راحتی صورت می‌گرفت، ولی برای آمیزه‌های بدون عامل این عمل به سختی انجام می‌شد و این امر در حالت پیش اختلاط کاملاً مشهود بود. هنگام قالبگیری نیز ترکیباتی که الیاف آنها عامل جفت شونده داشتند به راحتی قالبگیری می‌شدند، ولی در حالت بدون عامل، قالبگیری آنها بسیار دشوار بود. این مشاهدات را می‌توان به سازگاری خوب رزین با الیاف به عمل آمده ارتباط داد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که وجود عوامل جفت شونده سیلانی برای آمیزه‌های فنولی - شیشه، ضروری است و نه تنها سبب حفظ خواص آنها در محیط مرطوب می‌شود، بلکه در حالت طبیعی نیز بهبود خواص مکانیکی آنها را به دنبال دارد. این بهبود خواص ناشی از چسبندگی خوب رزین به الیاف به عمل آمده با عوامل سیلانی است. اگرچه عوامل جفت شونده سیلانی روی الیاف تجارتي، که برای سازگاری با رزین پلی استر توصیه شده‌اند، رفتار خوبی را در کامپوزیت‌های فنولی نشان می‌دهند، ولی با عوامل سیلانی آمیننی به خواص بهتری می‌توان دست یافت. همچنین عوامل سیلانی سبب آسانی اختلاط و قالبگیری

از پاورقی صفحه ۹۵

داشت و اغلب به همکارانش نیز یادآور می‌شد که دانشجویان حاصل همده پژوهشهای فرهنگی هستند و فکر می‌کرد که بهترین آموزش عالی همراه با اعتبار ملی، با مطالعه روی مشکلات اساسی به دست می‌آید. وی اعتقاد داشت که برای یک مسطه با ارزش هیچ نقطه پایانی وجود ندارد، حتی اگر تأخیر، انحراف از مسیر یا عقب‌گردی وجود داشته باشد. پژوهشهای وی در زمینه پلیمرها با واکنش گوگرد دیوکسید با اولفینها که آغازگر آن پروکسید بود شروع شد. وی سپس به مکانیسم پایه پلیمر شدن وینیل و چگونگی به هم پیوستن مونومرهای وینیل برای تشکیل پلیمر علاقه‌مند شد. کارهای تحقیقات او در زمینه لاستیکهای سنتزی، در طول جنگ جهانی دوم با حمایت انجمن تحقیقاتی دفاع ملی آغاز شد و تا اواسط دهه ۵۰ ادامه یافت، که همراه با یافته‌هایش در مأموریت سری و فنی خود بعد از جنگ، اثر دائمی بر صنعت لاستیک آمریکا داشت. همکاری مارول با برنامه تحقیقاتی نیروی هوایی آمریکا با پایان مسئولیت شغلی وی در دانشگاه ایلینوی آغاز شد و در تمام دوره دوم کاری وی در دانشگاه آریزونا ادامه یافت. وی در طول یک دوره ۳۰ ساله نقش اصلی را در برنامه نیروی هوایی در زمینه سنتز پلیمرهای فرادما داشت. پژوهش اصلی وی تجارتي کردن پلی بنزواپیدازول (PBI) بود که به دلیل مقاومت ویژه در برابر شعله، در لباس فضانوردان و مأموران آتش‌نشانی به کار می‌رود.

بقیه در پاورقی صفحه ۱۱۸

مراجع

- 1 Lubin G., *Handbook of Composites*, Van Nostrand, New York, 1982.
- 2 Plueddemann E.P., *Silane Coupling Agents*, Plenum Press, New York, 1982.
- 3 Mark H.F. and Bikales N.M., Overberger and Menges, *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, 2nd Ed., 4, John Wiley and Sons Inc., New York, 284-298, 1987.
- 4 Sewymeur R.B., *Additives for Plastics*, Academic Press, 1987.
- 5 Price H.L. and Ku J., *Effect of Silane Coupling Agents on a Phenolic Cure Reaction*, Ind.Eng.Chem.Prod.Res.Dev., 24, 185-188, 1985.
- 6 Knop A. and Pilato L.A., *Phenolic Resins: Chemistry, Applications and Performance*, Springer - Verlag, Berlin, 196-211, 1985.
- 7 Drumn C.A. and Ulieny J.C., *Analysis of Coatings on Glass Fiber Reinforcements*, Polymer Composites, 10, 44-51, 1989.
- 8 Shyu Sh.Sh. and Chen Si M., *The Effect of Silane Coupling Agent on Glass-Fiber Reinforced Composites*, J.Chin.I.Ch.E., 16, 311-316, 1985.
- 9 Technical Information, *Dynasylan Adhesion Promoters Organofunctional Silanes*, Dynamit Nobel Chemicals, 1984.