

مدل آماری برای پیش بینی خواص مکانیکی فرآورده مرکب پلی وینیل کلرید - خمیر کاغذ

فرهاد یغمایی و *علیرضا شاکری

به ترتیب استادیار گروه آمار و استادیار گروه شیمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۴/۴/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۷/۲۶

چکیده

در این پژوهش از نتایج حاصل از آزمون کششی بر روی فرآورده مرکب پلی وینیل کلرید - خمیر کاغذ و یک مدل آماری جهت پیش بینی خواص مکانیکی فرآورده مرکب استفاده شده است. برای تهیه فرآورده مرکب خمیر کاغذ - پلی وینیل کلرید (PVC) دو نوع خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) و خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP) در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی، با پلی وینیل کلرید مخلوط شدند. ترکیب گاما- آمینو پروپیل تری اتوکسی سیلان (A-1100) به عنوان سازگار کننده در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی نسبت به خمیر کاغذ بکار رفت. اثر این متغیرها بر روی استحکام کششی، مدول کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی براساس آزمایش های فاکتوریل ۳×۲×۳ تعیین شد. آنالیز واریانس آزمایش ها و مقادیر پیش بینی شده از مدل ارائه شده، با اندازه گیری های تجربی با یک تقریب نسبتاً خوب مطابقت نشان می دهد، به طوری که مقادیر برازش شده با مقادیر واقعی نزدیک می باشند.

واژه های کلیدی: خمیر کاغذ، پلی وینیل کلرید (PVC)، فرآورده مرکب، مدل آماری، پیش بینی خواص مکانیکی

مقدمه

برخی از صنایع بخصوص صنایع ساختمانی و اتومبیل سازی به علت قیمت پایین، زیست تخریب پذیر بودن، اثر سایشی کم بر تجهیزات فرآورش، تجدیدشوندگی و در دسترس بودن قرار گرفته است (بلدوزکی و همکاران، ۱۹۹۸؛ نبی صاحب و جوگ، ۱۹۹۹ و کمپانی کلاین، ۲۰۰۰).

محدودیت استفاده از مواد لیگنوسلولزی، تخریب حرارتی آنها در دمای بالای ۲۰۰ درجه سانتی گراد است که استفاده از پلیمرهای با دمای فرآورش زیر ۲۰۰ درجه سانتی گراد را محدود می سازد. ضعف عمده دیگر این مواد آبدوست بودن، ناسازگاری آنها با فاز زمینه پلیمری،

الیاف طبیعی در مقایسه با الیاف شیشه مدول و استحکام ویژه بهتری دارند (لو و همکاران، ۲۰۰۰). خاک اره که ضریب لاغری (L/D) کمی دارد بطور گسترده به عنوان یک پرکننده ارزان قیمت برای رزین های گرماسخت نظیر فنول- فرمالدهید و اوره- فرمالدهید استفاده می شوند. در مقابل، الیاف چوبی به مقدار کمتر در پلاستیک های گرما نرم مصرف دارند. الیاف لیگنوسلولزی نظیر الیاف چوب، کنف، باگاس، نارگیل و سایر مواد با منشاء طبیعی به عنوان تقویت کننده و پرکننده در پلاستیک ها مورد توجه

کوستا و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از نتایج آزمایش‌های خواص کششی و خمشی فرآورده مرکب پلی‌پروپیلن - الیاف چوبی یک مدل آماری برای آنالیز واریانس عاملی با دو عامل و اثرات متقابل دوتایی ارائه نمودند. نتایج مدل آماری آنها تطبیق خوبی با داده‌های تجربی داشت.

در این تحقیق دو نوع خمیر کاغذ با جفت‌کننده سیلانی در دو سطح ۱ و ۲ درصد وزنی نسبت به خمیر کاغذ تیمار شد. از آنجایی‌که شرایط فرآیند بر روی خواص فرآورده مرکب مؤثر است، برای کاهش تعداد متغیرها در طراحی آزمایش‌های آماری، از شرایط فرآورش بهینه استفاده شد (کویتیدهو و همکاران، ۱۹۹۷؛ شاکری و هاشمی ۱۳۸۲). همزمان با تجزیه و تحلیل متغیرهای مرتبط با تغییرات خواص اندازه‌گیری شده با کمک تجزیه آماری می‌توان خطای آزمایش را بر آورد نمود. همچنین، براساس مدل تجربی ارائه شده متغیرهای مستقل را می‌توان با خواص اندازه‌گیری شده وابسته تعریف نمود. برای این منظور، اثر نوع خمیر کاغذ، مقدار جفت‌کننده و مقدار خمیر کاغذ (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی) بر خواص کششی (استحکام کششی، مدول کششی و ازدیاد طول تا پارگی) فرآورده مرکب پلی وینیل کلراید - خمیر کاغذ تجزیه و تحلیل شد.

مواد و روش‌ها

تجربی: در این پژوهش از آمیزه PVC کارخانه گرانول‌سازی قزوین دارای ۳۴ درصد دی‌اکتیل‌فتالات (DOP) با سختی ۷۰، شور A، خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP)، خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) محصول کارخانجات چوب و کاغذ مازندران و جفت‌کننده سیلانی ۷- آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان با خلوص ۹۸ درصد شرکت فلوکای سوئیس استفاده شد.

خمیر کاغذ به مدت یک هفته در گرمخانه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک شدند و سپس با آسیاب چکشی آزمایشگاهی آسیاب و از الک با نمره ۴۰ عبور داده شدند. فرآورده مرکب پلی وینیل کلراید - خمیر کاغذ

آبزدا و حساسیت به رطوبت می‌باشد. در طی تحقیقات وسیعی که در سال‌های اخیر انجام شده، راه‌حل‌های مناسبی برای رفع برخی از این مشکلات ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خواص پلاستیک‌های تقویت شده کیفیت اتصال بین الیاف و پلیمر است، در واقع هر چه اتصال بین الیاف و فاز زمینه پلیمر بیشتر باشد، خواص فیزیکی و مکانیکی فرآورده مرکب بیشتر بهبود می‌یابد. به همین لحاظ از یک سری عوامل جفت‌کننده به‌عنوان حلقه وصل بین الیاف آبدوست و پلیمر آبزدا استفاده می‌شود. این گونه مواد همزمان با هر دو فاز زمینه و فاز تقویت‌کننده، اتصال شیمیایی برقرار کرده و بدین ترتیب به‌صورت یک پل رابط سبب چسبندگی دو فاز می‌شوند (لو و همکاران، ۲۰۰۰).

کوکتا و همکاران (۱۹۹۰) فرآورده‌های مرکب پلی‌وینیل کلراید را با خمیر کاغذ مکانیکی - حرارتی - شیمیایی (CTMP)، خمیر انفجاری و آرد چوب صنوبر تهیه کردند و نتیجه‌گیری کردند که فرآورده مرکب حاوی ۱ درصد پلی فنیل ایزو سیانات به‌عنوان جفت‌کننده و با ۳۰ درصد وزنی خمیر انفجاری بهترین خواص مکانیکی را دارا می‌باشد.

ماچیونال و همکاران (۱۹۹۸)، فرآورده مرکب پلی‌وینیل کلراید - خمیر کاغذ روزنامه را تهیه کردند، آنها اثر جفت‌کننده‌های مختلف گاما - آمینو پروپیل تری اتوکسی سیلان، دی‌کلرودی‌اتیل‌سیلان، فتالیک‌انیدرید و پلی پروپیلن مالئیک‌انیدریدار شده (MAPP) را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که فرآورده مرکبی که با جفت‌کننده گاما - آمینو پروپیل تری اتوکسی سیلان تهیه شده خواص مکانیکی بهتری نسبت به سایرین دارد.

فرآورده‌های مرکب پلی‌اتیلن سنگین با دو نوع خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) و خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP) با جفت‌کننده سیلانی وینیل تری متوکسی سیلان تهیه و نتیجه‌گیری شد که فرآورده مرکب حاوی خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی در یک سطح خمیر کاغذ و جفت‌کننده خواص مکانیکی بهتری دارد (شاکری و هاشمی، ۱۳۸۱).

آزمون خواص مکانیکی به وسیله قالب‌گیری تزریقی در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد ساخته شدند. خواص کششی نمونه‌ها برطبق آزمون استاندارد ASTM D 638 با دستگاه Instron مدل ۶۰۲۵ انجام شده و حداقل ۳ نمونه از هر تیمار آزمون شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق هجده فرآورده مرکب پلی‌وینیل‌کلرید - خمیر کاغذ برطبق طرح آزمایش فاکتوریل ۳×۲×۳ تهیه شد، متغیرها عبارت بودند از: مقدار خمیر کاغذ (F)، درصد جفت‌کننده سیلانی (S) و نوع خمیر کاغذ (C). جدول ۱ این متغیرها را با سطوح نرمالیز شده و جدول ۲ ترکیب آنها را نشان می‌دهد.

به کمک مخلوط‌کن داخلی مدل (Haake SIS90) به صورت نمونه‌های ۲۰۰ گرمی در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۴۵ دور در دقیقه و در مدت زمان ۸ دقیقه تهیه شد. فرآورده مرکب خمیر کاغذ - PVC به نسبت‌های ۹۰/۱۰، ۸۰/۲۰ و ۷۰/۳۰ با ۱ و ۲ درصد وزنی جفت‌کننده سیلانی تهیه شد. بدین منظور خمیر کاغذ توزین و سپس سیلان ۱۱۰۰-A به میزان لازم برروی آن ضمن مخلوط کردن پاشیده شد. سپس این خمیر کاغذ به مدت نیم ساعت در هوای آزاد و ۲۴ ساعت در آن حرارتی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا سیلان و اکشن نکرده خارج شود (شاکری و هاشمی، ۱۳۸۲)، آنگاه این خمیر در مخلوط‌کن داخلی به مذاب پلیمر اضافه شد. در ضمن نمونه‌های بدون جفت‌کننده سیلانی هم تهیه گردید. نمونه‌های مورد نیاز جهت

جدول ۱- متغیرهای آزمایش.

S			C		F			متغیر
۲	۱	۰	W	G	۳۰	۲۰	۱۰	سطح
۱	۰	-۱	۱	-۱	۱	۰	-۱	سطح نرمال شده

W: خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC)، G: خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP).

جدول ۲- ترکیب متغیرها.

S	C	F	تیمار
-۱	-۱	-۱	۱
۰	-۱	-۱	۲
۱	-۱	-۱	۳
-۱	۱	-۱	۴
۰	۱	-۱	۵
۱	۱	-۱	۶
-۱	-۱	۰	۷
۰	-۱	۰	۸
۱	-۱	۰	۹
-۱	۱	۰	۱۰
۰	۱	۰	۱۱
۱	۱	۰	۱۲
-۱	-۱	۱	۱۳
۰	-۱	۱	۱۴
۱	-۱	۱	۱۵
-۱	۱	۱	۱۶
۰	۱	۱	۱۷
۱	۱	۱	۱۸

خواص مکانیکی فرآورده مرکب شامل استحکام کششی (TS)، مدول کششی (TM) و ازدیاد طول در پارگی (E)، از اطلاعات دستگاه کشش به دست آمد. با استفاده از روش حداقل مربعات استاندارد و تجزیه آماری، پارامترها تخمین زده شد، کوواریانس محاسبه مدول تجربی ساخته شد و مدول بوسیله معادله (۱) بیان می‌شود:

$$P = (A_1 \pm 2S_{A1}) + (A_2 \pm 2S_{A2})F + (A_3 \pm 2S_{A3})S + (A_4 \pm 2S_{A4})C + (A_5 \pm 2S_{A5})F*S + (A_6 \pm 2S_{A6})F*C + (A_7 \pm 2S_{A7})C*S \quad (1)$$

به طوری که P یک خاصیت اندازه‌گیری شده می‌باشد، A پارامتری است که یک خاصیت را با یک متغیر یا تأثیر متقابل بین دو متغیر مرتبط می‌سازد و S_{An} انحراف استاندارد پارامتر A_n است.

جدول‌های ۳، ۴ و ۵ داده‌های استحکام کششی، مدول کششی و ازدیاد طول تا پارگی ۱۸ نمونه فرآورده مرکب

را نشان می‌دهد. مقادیر خطای آزمایش و مقادیر تخمینی آن، به وسیله مدول به دست آمد. تمام پارامترها براساس ۹۹ درصد سطح اطمینان محاسبه شد. منابع تغییر و اثرات متقابل که در متغیر مورد نظر تأثیر دارند در مدول منظور شدند. مقادیر تجربی و داده‌های تخمینی از مدول، با استفاده از آزمون F مقایسه شد (بوکس، ۱۹۷۸). نتایج آزمایش‌های و میانگین آنها و مقادیر تخمینی در شکل‌های ۲، ۱ و ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، مقادیر تخمینی به دست آمده از مدول با تقریب خوبی با مقادیر تجربی نزدیک می‌باشند. بنابراین، مدول تجربی ارائه شده در این مقاله توانایی پیش‌بینی تأثیر عوامل اصلی را بر روی خواص مکانیکی فرآورده دارد. جدول ۶ مدول‌های مقادیر استحکام کششی، مدول کششی، ازدیاد طول تا پارگی و آنالیز واریانس را نشان می‌دهد.

جدول ۳- استحکام کششی (MPa) فرآورده‌های مرکب خمیر کاغذ - پلی‌وینیل کلرید.

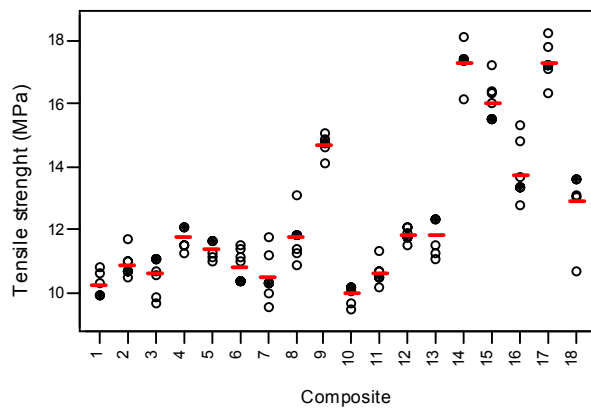
شماره	مقدار تجربی		میانگین	SD	مقدار تخمینی
۱	۱۰/۳۶	۱۰/۸۶	۱۰/۶۶	-	۱۰/۶۳
۲	۱۱/۷	۱۱/۰	۱۱/۰۵	۱۱/۰۵	۱۱/۰۶
۳	۹/۹	۱۰/۷	۱۰/۶	۹/۷	۱۰/۲۳
۴	۱۱/۵	۱۱/۵۱	۱۱/۳	-	۱۱/۴۴
۵	۱۱/۰۳	۱۱/۲۸	۱۱/۱۵	-	۱۱/۱۵
۶	۱۱/۴	۱۱/۵۴	۱۱/۱۵	۱۱/۰۵	۱۱/۲۹
۷	۱۱/۲	۱۱/۸	۹/۶	۱۰/۰۳	۱۰/۶۶
۸	۱۱/۳	۱۱/۴۳	۱۳/۰۸	۱۰/۹	۱۱/۶۸
۹	۱۵/۰۶	۱۴/۸۴	۱۴/۱	۱۴/۶	۱۴/۶۵
۱۰	۱۰/۱	۹/۵۲	۹/۷۲	-	۹/۷۸
۱۱	۱۱/۳۲	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۲	۱۰/۷۳
۱۲	۱۲/۱۱	۱۱/۹	۱۲/۱	۱۱/۵	۱۱/۹۰
۱۳	۱۱/۵	۱۱/۲۵	۱۱/۰۹	-	۱۱/۲۸
۱۴	۱۶/۱	۱۸/۱	۱۷/۳۲	-	۱۷/۱۷
۱۵	۱۶/۴	۱۶/۰	۱۶/۳	۱۷/۲	۱۶/۴۸
۱۶	۱۴/۸	۱۵/۳	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۴/۱۵
۱۷	۱۸/۲	۱۷/۱۸	۱۷/۱	۱۶/۳	۱۷/۳۵
۱۸	۱۳/۰۴	۱۳/۱	۱۰/۷	-	۱۲/۲۸

جدول ۴- مدول کششی (MPa) فرآوردهای مرکب خمیر کاغذ - پلی وینیل کلرید.

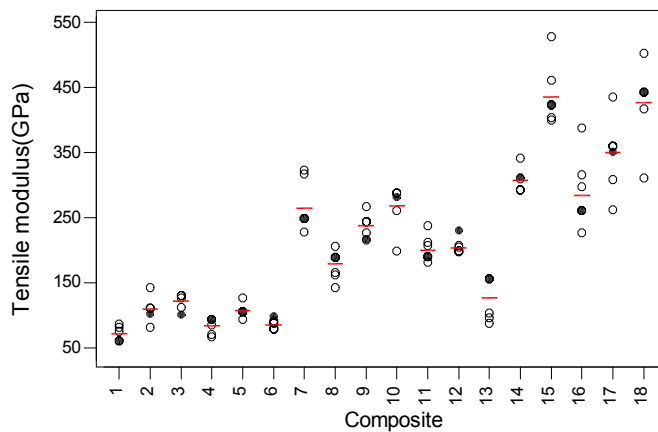
شماره	مقدار تجربی		میانگین	SD	مقدار تخمینی
۱	۸۶/۴	۷۵/۶	۸۰/۹	-	۶۱/۲۲
۲	۸۱/۹	۱۴۲/۰	۱۰۲/۶	-	۱۱۱/۰۹
۳	۱۲۶/۴	۱۱۲/۱	۱۰۱/۵	-	۱۳۰/۸۳
۴	۷۰/۰۷	۶۶/۹	۸۵/۲۱	-	۹۳/۸۱
۵	۹۳/۷۳	۱۲۶/۲	۱۰۵/۲۱	-	۱۰۶/۱۳
۶	۸۸/۵	۹۰/۹۷	۹۸/۹	۸۷/۶	۸۷/۳۷
۷	۲۲۸/۵	۲۴۹/۲	۳۲۳/۸	۳۱۷/۲	۲۴۸/۸۳
۸	۱۶۵/۲	۲۰۶/۶	۱۴۲/۶	۱۶۲/۴	۱۸۸/۳۵
۹	۲۲۷/۴	۲۱۶/۰	۲۱۷/۳	۲۶۷/۷	۲۴۳/۸۰
۱۰	۲۶۱/۳	۲۸۱/۷	۱۹۸/۷	-	۲۸۸/۳۶
۱۱	۲۱۱/۶	۲۳۷/۲	۲۰۷/۲	۱۸۱/۹	۱۹۰/۳۳
۱۲	۲۰۷/۳	۱۹۷/۰	۲۰۴/۷	۲۳۰/۹	۱۹۸/۲۸
۱۳	۱۰۳/۲	۹۵/۶	۸۸/۰	-	۱۵۶/۴۸
۱۴	۳۱۱/۸	۳۰۹/۴	۳۴۱/۷	-	۲۹۳/۱۹
۱۵	۴۶۱/۳	۵۲۸/۰	۴۰۴/۳	۴۰۰/۱	۴۲۳/۶۰
۱۶	۲۹۷/۶	۳۱۵/۸	۳۸۷/۵	۲۲۶/۶	۲۶۱/۲۲
۱۷	۴۳۶/۲	۳۰۸/۵	۳۵۱/۲	۲۶۲/۳	۳۶۰/۲۹
۱۸	۴۱۹/۹	۵۰۲/۸	۳۱۰/۹	-	۴۴۳/۳

جدول ۵- ازدیاد طول تا پارگی (%) فرآوردهای مرکب خمیر کاغذ - پلی وینیل کلرید.

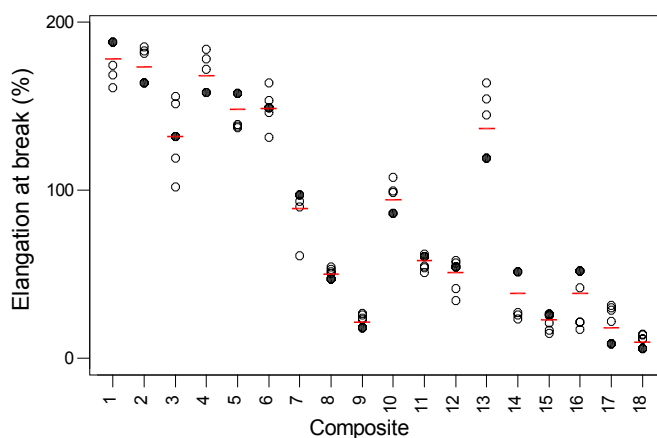
شماره	مقدار تجربی		میانگین	SD	مقدار تخمینی
۱	۱۶۱/۲	۱۷۴/۷	۱۶۸/۸	-	۱۸۸/۱
۲	۱۸۵/۶	۱۸۳/۱	۱۸۱/۸	-	۱۶۳/۹۵
۳	۱۰۲/۱	۱۵۵/۹	۱۵۱/۶	۱۱۹/۴	۱۳۲/۰۲
۴	۱۷۲/۱	۱۸۴/۰	۱۷۸/۵	-	۱۵۸/۳۴
۵	۱۳۹/۴	۱۳۷/۵	۱۳۸/۱	-	۱۵۷/۸۸
۶	۱۵۳/۵	۱۶۳/۸	۱۴۶/۲	۱۳۱/۷	۱۴۹/۰۴
۷	۶۰/۸	۹۳/۶۴	۹۰/۰	-	۹۷/۰۳
۸	۵۰/۶	۵۱/۵	۵۴/۳	۵۳/۱۱	۴۷/۳۱
۹	۲۲/۹	۲۳/۷۴	۲۵/۵	۲۶/۶	۱۸/۰۹
۱۰	۱۰۷/۷	۹۹/۶	۹۸/۸	-	۸۶/۴۸
۱۱	۵۴/۷	۶۲/۱	۵۱/۱۴	۵۳/۶	۶۰/۴۶
۱۲	۵۶/۸۵	۵۸/۳	۴۱/۵	۳۴/۳	۵۴/۳۳
۱۳	۱۴۴/۷	۱۵۴/۵	۱۶۴/۲	-	۱۱۹/۰۵
۱۴	۲۵/۶	۲۳/۱	۲۷/۲	-	۵۱/۶۱
۱۵	۲۰/۸۱	۲۵/۳۲	۱۴/۵۴	۱۶/۴۳	۲۶/۱۰
۱۶	۲۱/۵۲	۱۷/۱۰۱	۲۱/۳۵	۴۲/۱۵	۵۲/۰۷
۱۷	۲۲/۱	۲۹/۹	۲۸/۶	۳۱/۶	۸/۳۲
۱۸	۱۱/۴	۱۱/۶	۱۴/۱	۱۳/۸	۵/۹۹



شکل ۱- استحکام کششی فرآورده‌های مرکب خمیر کاغذ - پلی‌وینیل کلرید، ○ مقادیر تجربی، ● مقادیر تخمینی از مدل، — مقدار میانگین.



شکل ۲- مدول کششی فرآورده‌های مرکب خمیر کاغذ - پلی‌وینیل کلرید، ○ مقادیر تجربی، ● مقادیر تخمینی از مدل، — مقدار میانگین.



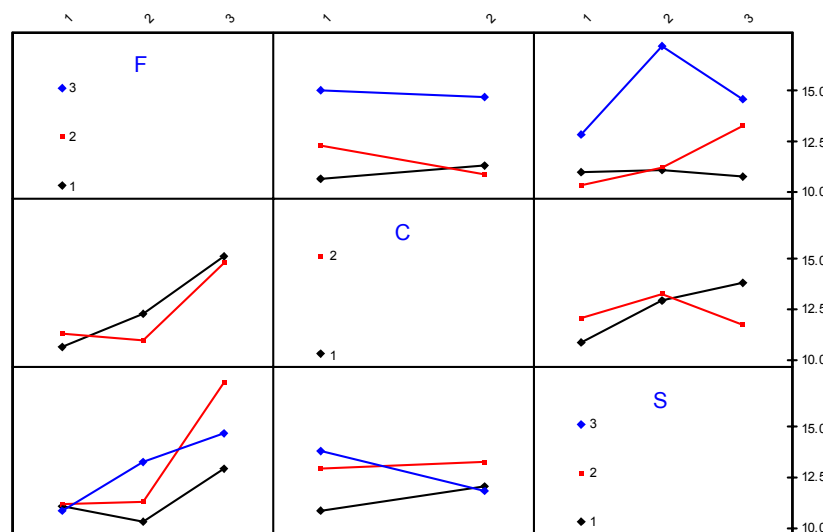
شکل ۳- ازدیاد طول تا پارگی فرآورده‌های مرکب خمیر کاغذ - پلی‌وینیل کلرید، ○ مقادیر تجربی، ● مقادیر تخمینی از مدل، — مقدار میانگین.

استحکام کششی: نتایج به دست آمده و نشان داده شده در جدول ۶ بیانگر این است که تمامی متغیرهای آنالیز شده بر روی استحکام کششی مؤثر هستند. همان طوری که در شکل ۱ مشاهده می شود تأثیر مقدار الیاف بر روی استحکام کششی فزاینده است و این بیانگر نقش تقویت کنندگی خمیر می باشد که برای هر دو نوع خمیر مشاهده می شود. هنگامی که پراکنش خوبی از خمیر کاغذ در ماده زمینه وجود داشته باشد با افزایش میزان خمیر کاغذ، استحکام افزایش می یابد. نوع خمیر تأثیری بر روی استحکام کششی ندارد. افزودن جفت کننده سیلانی باعث افزایش استحکام می گردد زیرا سبب چسبندگی الیاف به فاز زمینه می شود ولی با افزایش بیشتر آن سبب کاهش

استحکام کششی می شود (تیمارهای ۱۰ و ۱۱)، این مورد در فرآورده مرکبی که حاوی خمیر کاغذ بیشتر و به دنبال آن مقدار سیلان بیشتری هستند (تیمارهای ۱۲ تا ۱۸ در جدول ۳) کاملاً مشخص است. بر اساس مدل ارائه شده پیشینه مقدار استحکام کششی وقتی حاصل می شود که مقدار الیاف افزایش یابد، این نتایج بوسیله تیمارهای ۱۴ و ۱۷ از آزمایش های در جدول ۳ تأیید می شود. اثر متقابلی بین مقدار و نوع خمیر (F و C)، بین مقدار خمیر و جفت کننده (S و F) و مقدار جفت کننده و نوع خمیر (S و C) وجود دارد که در شکل ۴ نمایش داده شده است.

جدول ۶- نتایج حاصل از مدل بر اساس متغیرهای آزمایش ها.

مدل	واریانس آزمایشات	واریانس آزمایشات
$TS = (12/49 \pm 0/24) + (1/5 \pm 0/36)F - (0/18 \pm 0/25)C + (1/1 \pm 0/35)S$ $+(0/58 \pm 0/35)F*C + (1/15 \pm 0/5)F*S - (0/77 \pm 0/35)C*S$	۰/۹۶۰	۰/۴۶۳
$TM = (215/42 \pm 12/8) + (118/51 \pm 18/72)F + (30/43 \pm 18/36)S +$ $(11/04 \pm 26.62)F*S + (13/18 \pm 18/72)F*S - (20/43 \pm 18/40)S*C$	۰/۹۶۰	۱۷۶۳
$E = (87/56 \pm 2/64) - (70/76 \pm 3/80)F - (29/29 \pm 3/83)S -$ $(3/00 \pm 3/77)F*C + (11/75 \pm 3/83)C*S$	۴۳۸	۱۰۱

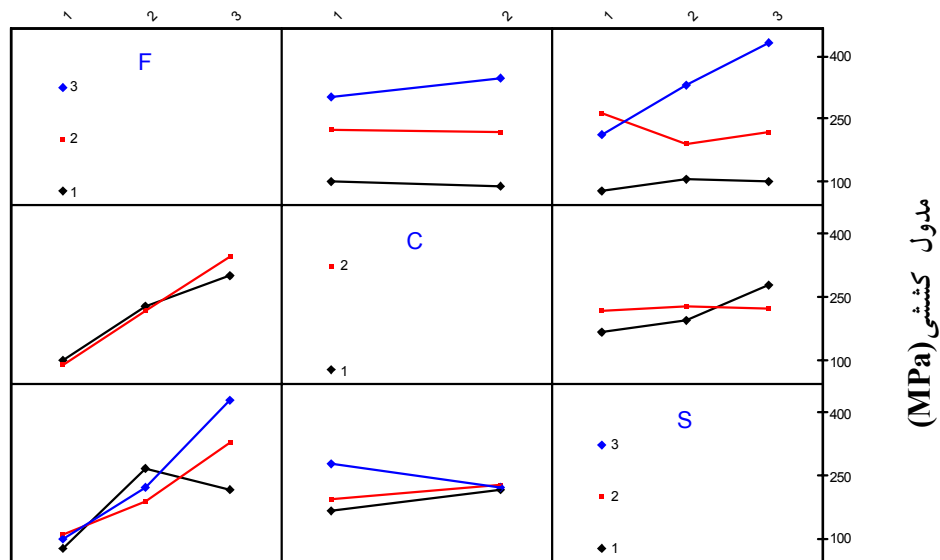


شکل ۴- نمودار اثرات متقابل فاکتورهای مقدار (F)، نوع خمیر (C) و مقدار جفت کننده (S) بر روی استحکام کششی (MPa).

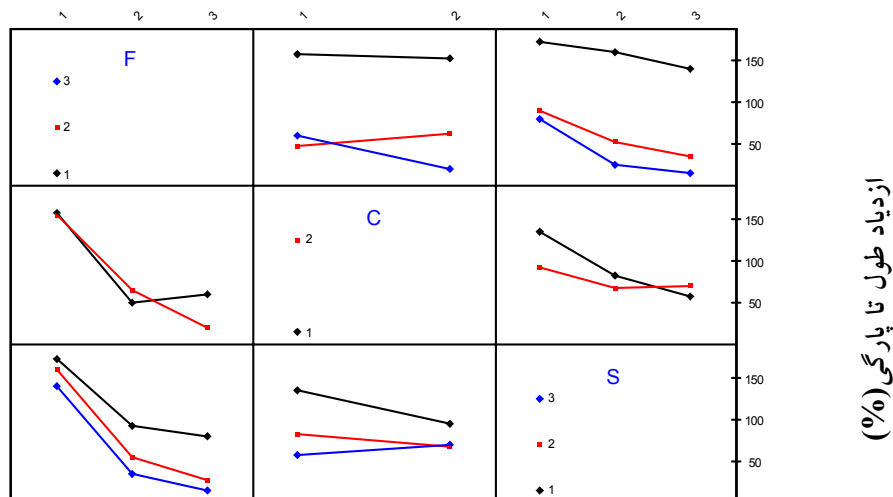
مدول کششی: دومین مدل ارائه شده در جدول ۶ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار خمیر مدول کششی افزایش می‌یابد، زیرا الیاف که از فاز زمینه سخت‌تر می‌باشند نقش مهمی در افزایش میزان صلبیت فرآورده مرکب دارند. نوع خمیر بر روی مدول کششی تأثیر نداشت. مقدار جفت‌کننده بر روی مدول مؤثر ولی در مقایسه با مقدار خمیر تأثیر کمی دارد (شکل ۲). همان‌طوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود اثر متقابلی بین مقدار خمیر با مقدار جفت‌کننده (F و S)، نوع خمیر و مقدار جفت‌کننده (C و S) وجود دارد ولی مقدار و نوع خمیر اثر متقابل معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد ندارند.

ازدیاد طول تا پارگی: مدل ساخته شده برای خاصیت ازدیاد طول نهایی نشان می‌دهد که با افزایش مقدار خمیر کاغذ پاسخ مربوطه کاهش می‌یابد. همواره افزایش الیاف سخت به فاز زمینه گرم نرم سبب کاهش کرنش نهایی ماده می‌شود. افزایش چسبندگی فاز زمینه به الیاف، سبب می‌شود که کرنش نهایی کاهش یابد به عبارت دیگر

افزایش مقدار جفت‌کننده سبب کاهش کرنش تا پارگی می‌شود که احتمالاً این امر ناشی از این واقعیت است که افزایش چسبندگی الیاف به فاز زمینه منجر به افزایش اثر تقویت‌کنندگی الیاف در فرآورده مرکب می‌گردد و خاصیت الاستیک فرآورده حاصل از آن بیشتر و به خواص الیاف سلولزی خمیر نزدیکتر می‌شود. براساس مدل سوم ارائه شده در جدول ۶ همه متغیرهای آنالیز شده بر روی ازدیاد طول تا پارگی مؤثر هستند. همان‌طوری که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود نوع خمیر تأثیر کمتری در مقایسه با مقدار خمیر و جفت‌کننده بر روی ازدیاد طول تا پارگی دارد. اثرات متقابل بین تمام پارامترهای موجود در آزمایش وجود دارد که در شکل ۶ نمایش داده شده است. همان‌طوری که نتایج تیمار ۴ در جدول ۵ و شکل ۶ نشان می‌دهد بهترین ازدیاد طول تا پارگی را فرآورده مرکب حاوی ۱۰ درصد خمیر CMP با ۱ درصد جفت‌کننده دارا می‌باشد.



شکل ۵- نمودار اثرات متقابل فاکتورهای مقدار (F)، نوع خمیر (C) و مقدار جفت‌کننده (S) بر روی مدول کششی (MPa).



شکل ۶- نمودار اثرات متقابل فاکتورهای مقدار (F)، نوع خمیر (C) و مقدار جفت کننده (S) بر روی ازدیاد طول تا پارگی (درصد).

نتیجه گیری

افزایش مقدار الیاف خمیر کاغذ بدون جفت کننده سبب کاهش خواصی نظیر ازدیاد طول تا پارگی و استحکام کششی می شود ولی با استفاده از جفت کننده سیلانی ۷- آمینوپروپیل تری متوکسی سیلان، خواص مکانیکی فرآورده حاصل نسبت به PVC افزایش می یابد. نتایج نشان می دهد که بیشینه استحکام کششی را فرآورده مرکب حاوی ۳۰ درصد خمیر کاغذ NSSC با ۱ درصد ماده جفت کننده سیلانی دارا می باشد. همچنین، از دو نوع

خمیر کاغذ مورد استفاده، نمونه فرآورده مرکب حاوی الیاف خمیر کاغذ NSSC بعلت چسبندگی و سازگاری بهتر با فاز زمینه، خواص مکانیکی بهتری را سبب می شود ولی این تفاوت با خمیر CMP معنی دار نیست. با افزایش مقدار الیاف در کامپوزیت مدول کششی صرف نظر از نوع خمیر افزایش ولی ازدیاد طول تا پارگی کاهش می یابد. نتایج خواص مکانیکی حاصل از مدل ارائه شده با مقادیر حاصل از آزمایش نزدیک می باشد.

منابع

۱. شاکری ع.، و هاشمی، س.ع.، ۱۳۸۱. خواص مکانیکی و شکل شناسی فرآورده مرکب تهیه شده از الیاف خمیر کاغذ - پلی اتیلن سنگین "مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره سوم، ۱۸۳-۱۷۱.
۲. شاکری ع.، و هاشمی، س.ع.، ۱۳۸۲. "بررسی اثر سازگار کننده سیلانی برخواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت های پلی وینیل کلرید - خمیر کاغذ" مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال شانزدهم، شماره ۲، ۷۸-۷۱.
3. Bledzki, A.K., Reham, S., and Gassan, J., 1998. Thermoplastic reinforced with wood filler. *Polym. Plast. Technol. Eng.* 37 (4): 451-468.
4. Box G. *Statistic for experimenters*. 1978. New York, Wiley, 134-146.
5. Costa H.S., Carvalho, D.L., Souza, D.C., Pinto, J.C., and Kokta, B.V., 2000. Statical experimental design and modeling of Polypropylene-wood fiber composites. *Polymer Testing*, 19, 419-428.
6. Coutinho F.B., Costa, T.S., and Carvalho, D.L., 1997. Polypropylene-wood fiber composites: Effect of treatment and mixing conditions on mechanical properties. *J. Appl. Poly. Sci.*, 65, 1227-1232.
7. Kline company web site. 2000. www.klinengroup.com
8. Kokta, B.V., Maldas, D., Daneault, C., and Bel, P., 1990. Composites of poly(vinyl chloride)- wood fibers. I. Effect of isocyanate as bounding agent. *Polym - Plast. Technol. Eng.* 29, 1-2, 87-118.
9. Lu, Z.J., Qinglin, W., and McNabb, H.S., 2000. Chemical coupling in wood fiber and polymer composite. *Wood and Fiber Science J.* 32, 1, 88-104.
10. Matuanal, M.R., Woodhaus, T., and Parkc, C.B., 1998. Influence of Interactions on the Properties of PVC / Cellulosic fiber composites. *Polym Comp.* 19, 4, 446-454.
11. Nabi Saheb, D., and Jog, J.P., 1999. Natural fiber polymer composites: A Review. *Adv. Polymer Technol.* 18 (4):351-363.

Statistical Modeling of Mechanical Behaviour of Poly (vinyl chlorid) – Pulp Paper

F. Yaghmaee and A. Shakeri

Assistant prof. of Dept. of statistics and Assistant Prof. of Dept. of Chemistry of Gorgan University of
Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

In this research, the results of tensile testing on poly(vinyl chlorid) (PVC)- pulp paper composite using a statical model in order to composite mechanical properties predication have been investigated. In preparation for pulp paper reinforced-PVC composites, two types of pulp paper (Chemical - Mechanical pulp (CMP) and Natural Sulphite Semi - Chemical pulp (NSSC)) were mixed with PVC at three different levels of wt% of 10, 20 and 30. γ - aminopropyl trimethoxy silane was used at 0, 1 and 2 wt% as a coupling agent. The effect of these variables on tensile strength, Young's modulus, elongation at yield was determined through 3*2*3 factorial design. The analysis of variance of the experimental and predicted data show that the constructed models provide a fair approximation of actual experimental measurements. Finally, experimental details regarding of optimum composites predicted by empirical models are discussed.

Keywords: Composite; Pulp paper; Poly (Vinyl chlorid); Statistical modeling; Factorial design