Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد چهاردهم، شماره دوم، خرداد ـ تیر ۱۳۸۶
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

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

فرهاد یغمایی و *علیرضا شاکری
به‌ترتیب استادیار گروه آمار و استادیار گروه شیمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۸٤/٤/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۷/۲٦

چکیده

در این پژوهش از نتایج حاصل از آزمون کششی برروی فرآورده مرکب پلی وینیل کلرید ـ خمیرکاغذ و یک مدل آماری جهت پیش‌بینی 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 خمیرکاغذ 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) به‌عنوان سازگار کننده در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی نسبت به خمیر کاغذ بکار رفت. اثر این متغیرها برروی استحکام کششی، مدول کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی براساس آزمایش‌های فاکتوریل ۳×۲×۳ تعیین شد. آنالیز واریانس آزمایش‌ها و مقادیر پیش‌بینی شده از مدل ارائه شده، با اندازه‌گیری‌های تجربی با یک تقریب نسبتاً خوب مطابقت نشان می‌دهد، به‌طوری‌که مقادیر برازش شده با مقادیر واقعی نزدیک می‌باشند.

واژهای کلیدی: خمیر کاغذ، پلی وینیل کلرید (PVC)، فرآورده مرکب، مدل آماری، پیش‌بینی خواص مکانیکی

مقدمه

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 به‌عنوان یک پرکننده ارزان قیمت برای رزین‌های گرماسخت نظیر فنول- فرمالدهید و اوره- فرمالدهید استفاده می‌شوند. در مقابل، الیاف چوبی به مقدار کمتر در پلاستیک‌های گرما نرم مصرف دارند. الیاف لیگنوسلولزی نظیر الیاف چوب، کنف، باگاس، نارگیل و سایر مواد با منشاء طبیعی به‌عنوان تقویت‌کننـده و پـرکنـنده در پلاستیک‌هـا مورد توجه برخی از صنایع بخصوص صنایع ساختمانی و اتومبیل‌سازی به علت قیمت پایین، زیست تخریب‌پذیر 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).

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

*- مسئول مکاتبه: shakeri@gau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

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

ماچیونال و همکاران (۱۹۹۸)، فرآورده مرکب پلی‌وینیل کلراید ـ خمیر کاغذ روزنامه را تهیه کردند، آنها اثر جفت کننده‌های مختلف گاما - آمینو پروپیل تری اتوکسی سیلان، دی‌کلرودی‌اتیل‌سیلان، فتالیک‌انیدرید و پلی پروپیلن مالئیک انیدریددار شده (MAPP) را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که فرآورده مرکبی که با جفت کننده 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 شیمایی سولفیت خنثی (NSSC) و خمیرکاغذ 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).

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 ۲درصد وزنی نسبت به خمیر کاغذ تیمار شد. از آنجایی‌که شرایط فرآیند برروی 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 متغییرهای مرتبط با تغییرات خواص اندازه‌گیری شده با کمک تجزیه آماری می‌توان خطای آزمایش را بر آورد نمود. همچنین، براساس مدل تجربی ارائه شده متغییرهای 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 ۳۰درصد 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 رو ش‌ها

تجربی: در این پژوهش از آمیزه PVC کارخانه گرانول‌سازی قزوین دارای ۳٤ 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 ٤۰ عبور داده شدند. فرآورده مرکب پلی وینیل کلرید- خمیر کاغذ

www.SID.ir

Archive of SID

به کمک مخلوط‌کن داخلی مدل (Haake SIS90) به صورت نمونه‌های ۲۰۰ گرمی در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ٤٥ دور در دقیقه و در مدت زمان ۸ دقیقه تهیه شد. فرآورده مرکب خمیر کاغذ – PVC به نسبت‌های ۱۰/ ۹۰، ۸۰/۲۰ و ۷۰/۳۰ با ۱ و ۲درصد وزنی جفت کننده 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 ٢٤ ساعت در آون حرارتی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا سیلان واکنش نکرده خارج شود (شاکری و هاشمی، ۱۳۸۲)، آنگاه این خمیر در مخلوط‌کن داخلی به مذاب پلیمر اضافه شد. در ضمن نمونه‌های بدون جفت کننده سیلانی هم تهیه گردید. نمونه‌های مورد نیاز جهت آزمون خواص مکانیکی به وسیله قالب‌گیری تزریقی در دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد ساخته شدند. خواص کششی نمونه‌ها برطبق آزمون استاندارد ASTM D 638 با دستگاه Instron مدل ٦۰۲٥ انجام شده و حداقل ۳ نمونه از هر تیمار آزمون شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق هجده فرآورده مرکب پلی‌وینیل‌کلرید ـ 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.

جدول ۱- متغییرهای آزمایش.

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

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

جدول ۲- ترکیب متغییرها.

تیمار	F	C	S
۱	-۱	-۱	-۱
۲	-۱	-۱	۰
۳	-۱	-۱	۱
٤	-۱	۱	-۱
٥	-۱	۱	۰
٦	-۱	۱	۱
۷	۰	-۱	-۱
۸	۰	-۱	۰
۹	۰	-۱	۱
۱۰	۰	۱	-۱
۱۱	۰	۱	۰
۱۲	۰	۱	۱
۱۳	۱	-۱	-۱
۱٤	۱	-۱	۰
۱٥	۱	-۱	۱
۱٦	۱	۱	-۱
۱۷	۱	۱	۰
۱۸	۱	۱	۱

www.SID.ir

Archive of SID

خـواص مکـانیکی فـرآورده مرکـب شـامل اسـتحکام کششی (TS)، مدول کششـی (TM) و ازدیـاد طـول در پارگی (E)، از اطلاعات دستگاه کشش به‌دسـت آمـد. بـا استفاده از روش حداقل مربعات استاندارد و تجزیه آماری، پارامتر هـا تخمـین زده شـد، کوواریـانس محاسـبه مـدل تجربی ساخته شد و مدل بوسیله معادله (۱) بیان می‌شود:

$$P = (A_1 \pm 2S_{A1}) + (A_2 \pm 2S_{A2})F + (A_3 \pm 2S_{A3})S + (A_4 \pm 2S_{A4})C + (A_5 \pm 2S_{A5})F*S + (A_6 \pm 2S_{A6})F*C + (A_7 \pm 2S_{A7})C*S \quad (۱)$$

به‌طوری‌که P یک خاصیت اندازه‌گیری شده می‌باشـد، A پارامتری است که یک خاصیت را با یک متغیر یا تـأثیر متقابل بـین دو متغییـر مـرتبط مـی‌سـازد و S_{An} انحـراف استاندارد پارامتر A_n است.

جدول‌های ۳، ٤ و ٥ داده‌های استحکام کششی، مدول کششی و ازدیاد طول تا پارگی ۱۸ نمونه فـرآورده مرکـب را نشان می‌دهد. مقادیر خطای آزمایش و مقادیر تخمینـی آن، به وسیله مدل به‌دست آمـد. تمـام پارامترهـا براسـاس ۹۹درصد سطح اطمینان محاسبه شد. منابع تغییر و اثـرات متقابل که در متغیر مورد نظر تأثیر دارنـد در مـدل منظـور شدند. مقـادیر تجربـی و داده‌هـای تخمینـی از مـدل، بـا استفاده از آزمون F مقایسـه شـد (بـوکس، ۱۹۷۸). نتـایج آزمـایش‌هـای و میـانگین آنهـا و مقـادیر تخمینـی در شکل‌های ۲،۱ و ۳ نشان داده شده اسـت. براسـاس نتـایج به‌دست آمده، مقادیر تخمینی بـه‌دسـت آمـده از مـدل بـا تقریب خوبی با مقادیر تجربی نزدیک می‌باشند. بنـابراین، مدل تجربی ارائه شده در این مقاله توانایی پیش‌بینی تـأثیر عوامل اصلی را برروی خـواص مکـانیکی فـرآورده دارد. جدول ٦ مدل‌های مقادیر استحکام کششی، مدول کششی، ازدیاد طول تا پارگی و آنالیز واریانس را نشان می‌دهد.

جدول ۳- استحکام کششی (MPa) فرآوردهای مرکب خمیر کاغذ - پلی‌وینیل‌کلرید.

شماره	مقدار تجربی			میانگین	SD	مقدار تخمینی
۱	۱۰/۳٦	۱۰/۸٦	۱۰/٦٦	–	۰/۲٥	۹/٥٦
۲	۱۱/۷	۱۱/۰	۱۰/٥	۱۱/۰٥	۰/٤۹	۱۰/٦۹
۳	۹/۹	۱۰/۷	۱۰/٦	۹/۷	۰/٥	۱۱/۱
٤	۱۱/٥	۱۱/٥۱	۱۱/۳	–	۰/۱۲	۱۲/۱۱
٥	۱۱/۰۳	۱۱/۲۸	۱۱/۱٥	–	۰/۱۳	۱۱/٦٥
٦	۱۱/٤	۱۱/٥٤	۱۱/۱٥	۱۱/۰٥	۰/۲۲	۱۰/٤۱
۷	۱۱/۲	۱۱/۸	۹/٦	۱۰/۰۳	۱/۰۲	۱۰/۳٤
۸	۱۱/۳	۱۱/٤۳	۱۳/۰۸	۱۰/۹	۰/۹٦	۱۱/۸۷
۹	۱٥/۰٦	۱٤/۸٤	۱٤/۱	۱٤/٦	۰/٤۱	۱٤/۷۷
۱۰	۱۰/۱	۹/٥۲	۹/۷۲	–	۰/۲۹	۱۰/۲
۱۱	۱۱/۳۲	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۲	۰/٤٦	۱۰/٥۳
۱۲	۱۲/۱۱	۱۱/۹	۱۲/۱	۱۱/٥	۰/۲۹	۱۱/۷۸
۱۳	۱۱/٥	۱۱/۲٥	۱۱/۰۹	–	۰/۲۱	۱۲/۳۷
۱٤	۱٦/۱	۱۸/۱	۱۷/۳۲	–	۱/۰۱	۱۷/٤۱
۱٥	۱٦/٤	۱٦/۰	۱٦/۳	۱۷/۲	۰/٥۱	۱٥/٤۸
۱٦	۱٤/۸	۱٥/۳	۱۳/۷	۱۲/۸	۱/۱۲	۱۳/۳۳
۱۷	۱۸/۲	۱۷/۱۸	۱۷/۱	۱٦/۳	۰/۸٤	۱۷/۱۸
۱۸	۱۳/۰٤	۱۳/۱	۱۰/۷	–	۱/۳۷	۱۳/٦

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مدول کششی (MPa) فرآوردهای مرکب خمیر کاغذ – پلی‌وینیل‌کلرید.

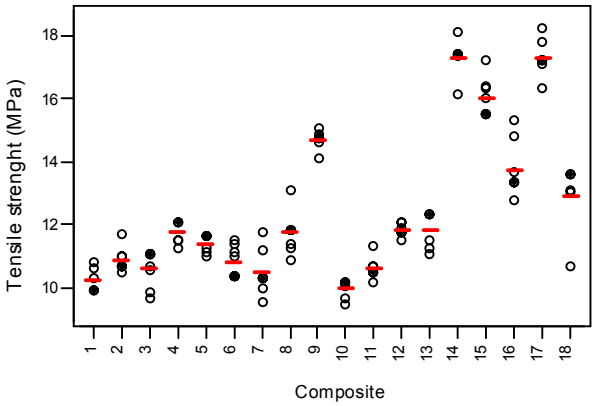
شماره	مقدار تجربی			میانگین	SD	مقدار تخمینی
١	٨٦/٤	٧٥/٦	٨٠/٩ –	٨٠/٩٧	٥/٤	٦١/٢٢
٢	٨١/٩	١٤٢/٠	١٠٢/٦ –	١٠٨/٨٣	٣٠/٥٣	١١١/٠٩
٣	١٢٦/٤	١١٢/١	١٠١/٥ –	١١٣/٣٣	١٢/٥	١٣٠/٨٣
٤	٧٠/٠٧	٦٦/٩	٨٥/٢١ –	٧٤/٠٦	٩/٧٩	٩٣/٨١
٥	٩٣/٧٣	١٢٦/٢	١٠٥/٢١ –	١٠٨/٣٨	١٦/٤٧	١٠٦/١٣
٦	٨٨/٥	٩٠/٩٧	٩٨/٩ ٨٧/٦	٩١/٤٩	٥/١٤	٨٧/٣٧
٧	٢٢٨/٥	٢٤٩/٢	٣٢٣/٨ ٣١٧/٢	٢٧٩/٦٨	٤٧/٩٧	٢٤٨/٨٣
٨	١٦٥/٢	٢٠٦/٦	١٤٢/٦ ١٦٢/٤	١٦٩/٢	٢٦/٨٩	١٨٨/٣٥
٩	٢٢٧/٤	٢١٦/٠	٢١٧/٣ ٢٦٧/٧	٢٣٢/١	٢٤/٢٧	٢٤٣/٨٠
١٠	٢٦١/٣	٢٨١/٧	١٩٨/٧ –	٢٤٧/٢٣	٤٣/٢٥	٢٨٨/٣٦
١١	٢١١/٦	٢٣٧/٢	٢٠٧/٢ ١٨١/٩	٢٠٩/٤٨	٢٢/٦٥	١٩٠/٣٣
١٢	٢٠٧/٣	١٩٧/٠	٢٠٤/٧ ٢٣٠/٩	٢٠٩/٩٨	١٤/٦٢	١٩٨/٢٨
١٣	١٠٣/٢	٩٥/٦	٨٨/٠ –	٩٥/٦	٧/٦	١٥٦/٤٨
١٤	٣١١/٨	٣٠٩/٤	٣٤١/٧ –	٣٢٠/٩٧	١٨/٠	٢٩٣/١٩
١٥	٤٦١/٣	٥٢٨/٠	٤٠٤/٣ ٤٠٠/١	٤٤٨/٤٣	٥٩/٩٥	٤٢٣/٦٠
١٦	٢٩٧/٦	٣١٥/٨	٣٨٧/٥ ٢٢٦/٦	٣٠٦/٨٨	٦٦/١١	٢٦١/٢٢
١٧	٤٣٦/٢	٣٠٨/٥	٣٥١/٢ ٢٦٢/٣	٣٣٩/٥٥	٧٣/٩٦	٣٦٠/٢٩
١٨	٤١٩/٩	٥٠٢/٨	٣١٠/٩ –	٤١٠/٢	٩٦/١٣	٤٤٣/٣

جدول ٥- ازدیاد طول تا پارگی (٪) فرآوردهای مرکب خمیر کاغذ – پلی‌وینیل‌کلرید.

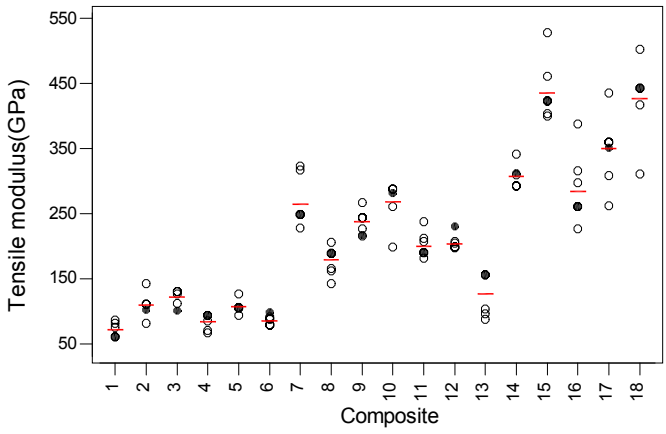
شماره	مقدار تجربی			میانگین	SD	مقدار تخمینی
١	١٦١/٢	١٧٤/٧	١٦٨/٨ –	١٦٨/٢٣	٦/٧٧	١٨٨/١
٢	١٨٥/٦	١٨٣/١	١٨١/٨ –	١٨٣/٥	١/٩٣	١٦٣/٩٥
٣	١٠٢/١	١٥٥/٩	١٥١/٦ ١١٩/٤	١٣٢/٢٥	٢٥/٨٧	١٣٢/٠٢
٤	١٧٢/١	١٨٤/٠	١٧٨/٥ –	١٧٨/٢	٥/٩٦	١٥٨/٣٤
٥	١٣٩/٤	١٣٧/٥	١٣٨/١ –	١٣٨/٣٣	٠/٩٧	١٥٧/٨٨
٦	١٥٣/٥	١٦٣/٨	١٤٦/٢ ١٣١/٧	١٤٨/٨	١٣/٤٩	١٤٩/٠٤
٧	٦٠/٨	٩٣/٦٤	٩٠/٠ –	٨١/٤٨	١٨/٠	٩٧/٠٣
٨	٥٠/٦	٥١/٥	٥٤/٣ ٥٣/١١	٥٢/٣٨	١/٦٥	٤٧/٣١
٩	٢٢/٩	٢٣/٧٤	٢٥/٥ ٢٦/٦	٢٤/٦٩	١/٦٧	١٨/٠٩
١٠	١٠٧/٧	٩٩/٦	٩٨/٨ –	١٠٢/٠٣	٤/٩٢	٨٦/٤٨
١١	٥٤/٧	٦٢/١	٥١/١٤ ٥٣/٦	٥٥/٣٩	٤/٧٢	٦٠/٤٦
١٢	٥٦/٨٥	٥٨/٣	٤١/٥ ٣٤/٣	٤٧/٧٤	١١/٧٥	٥٤/٣٣
١٣	١٤٤/٧	١٥٤/٥	١٦٤/٢ –	١٥٤/٤٧	٩/٧٥	١١٩/٠٥
١٤	٢٥/٦	٢٣/١	٢٧/٢ –	٢٥/٣	٢/٠٧	٥١/٦١
١٥	٢٠/٨١	٢٥/٣٢	١٤/٥٤ ١٦/٤٣	١٩/٢٨	٤/٨١	٢٦/١٠
١٦	٢١/٥٢	١٧/١٠١	٢١/٣٥ ٤٢/١٥	٢٥/٥١	١١/٢٩	٥٢/٠٧
١٧	٢٢/١	٢٩/٩	٢٨/٦ ٣١/٦	٢٨/٠٥	٤/١٥	٨/٣٢
١٨	١١/٤	١١/٦	١٤/١ ١٣/٨	١٢/٧٣	١/٤٢	٥/٩٩

www.SID.ir

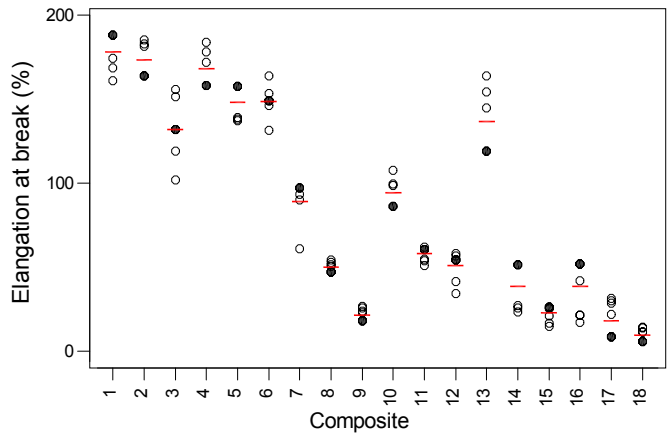
Archive of SID



شکل ۱- استحکام کششی فرآورده‌های مرکب خمیر کاغذ – پلی‌وینیل‌کلرید، ○ مقادیر تجربی، ● مقادیر تخمینی از مدل ، ━ مقدار میانگین.



شکل ۲- مدول کششی فرآورده‌های مرکب خمیر کاغذ – پلی وینیل کلرید، ○ مقادیر تجربی، ● مقادیر تخمینی از مدل، ━ مقدار میانگین.



شکل ۳- ازدیاد طول تا پارگی فرآورده‌های مرکب خمیر کاغذ – پلی‌وینیل‌کلرید، ○ مقادیر تجربی، ● مقادیر تخمینی از مدل، ━ مقدار میانگین.

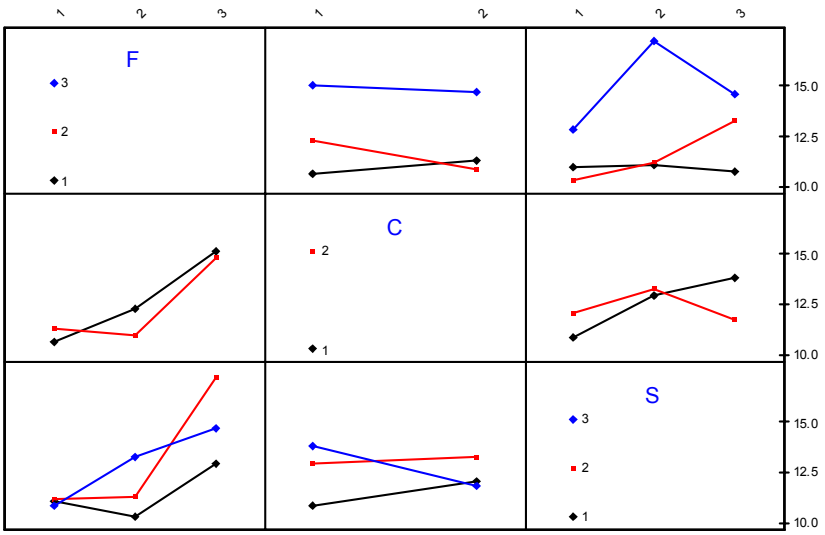
www.SID.ir

Archive of SID

استحکام کششی: نتایج به‌دست آمده و نشان داده شده در جدول ٦ بیانگر این است که تمامی متغیرهای آنالیز شده برروی استحکام کششی مؤثر هستند. همان‌طوری‌که در شکل ١ مشاهده می‌شود تأثیر مقدار الیاف برروی استحکام کششی فزاینده است و این بیانگر نقش تقویت کنندگی خمیر می‌باشد که برای هر دو نوع خمیر مشاهده می‌شود. هنگامی که پراکنش خوبی از خمیر کاغذ در ماده زمینه وجود داشته باشد با افزایش میزان خمیر کاغذ، استحکام افزایش می‌یابد. نوع خمیر تأثیری برروی استحکام کششی ندارد. افزودن جفت کننده سیلانی باعث افزایش استحکام می‌گردد زیرا سبب چسبندگی الیاف به فاز زمینه می‌شود ولی با افزایش بیشتر آن سبب کاهش استحکام کششی می‌شود (تیمارهای ١٠ و ١١)، این مورد در فرآورده مرکبی که حاوی خمیر کاغذ بیشتر و به دنبال آن مقدار سیلان بیشتری هستند (تیمارهای ١٢ تا ١٨ در جدول ٣) کاملاً مشخص است. براساس مدل ارائه شده بیشینه مقدار استحکام کششی وقتی حاصل می‌شود که مقدار الیاف افزایش یابد، این نتایج بوسیله تیمارهای ١٤ و ١٧ از آزمایش‌های در جدول ٣ تأیید می‌شود. اثر متقابلی بین مقدار و نوع خمیر (F و C)، بین مقدار خمیر و جفت‌کننده (F و S) و مقدار جفت کننده و نوع خمیر (C و S) وجود داردکه در شکل ٤ نمایش داده شده است.

جدول ٦- نتایج حاصل از مدل بر اساس متغیرهای آزمایش‌ها.

مدل	واریانس آزمایشات	واریانس آزمایشات
TS = (١٢ /٤٩ ± ٠/٢٤) + (١/٥ ± ٠/٣٦)F – (٠/١٨ ± ٠/٢٥)C + (١/١ ± ٠/٣٥) S +(٠/٥٨ ± ٠/٣٥)F*C +(١/١٥ ± ٠/٥)F*S –(٠/٦٧ ± ٠/٣٥)C*S	٠/٩٦٠	٠/٤٦٣
TM = (٢١٥/٤٢ ± ١٢/٨) + (١١٨/٥١ ± ١٨/٦٢) F + (٣٠/٤٣ ± ١٨/٣٦)S + (١١/٠٤ ± 26.62)F*S+(١٣/١٨ ± ١٨/٦٢)F*S-(٢٠/٤٣ ± ١٨/٤٠)S*C	٠/٩٦٠	١٧٦٣
E = (٨٧/٥٦ ± ٢/٦٤)-(٧٠/٦٦ ± ٣/٨٠)F-(٢٩/٢٩ ± ٣/٨٣)S-(٣/٠٠ ± ٣/٧٧)F*C+(١١/٧٥ ± ٣/٨٣)C*S	٤٣٨	١٠١



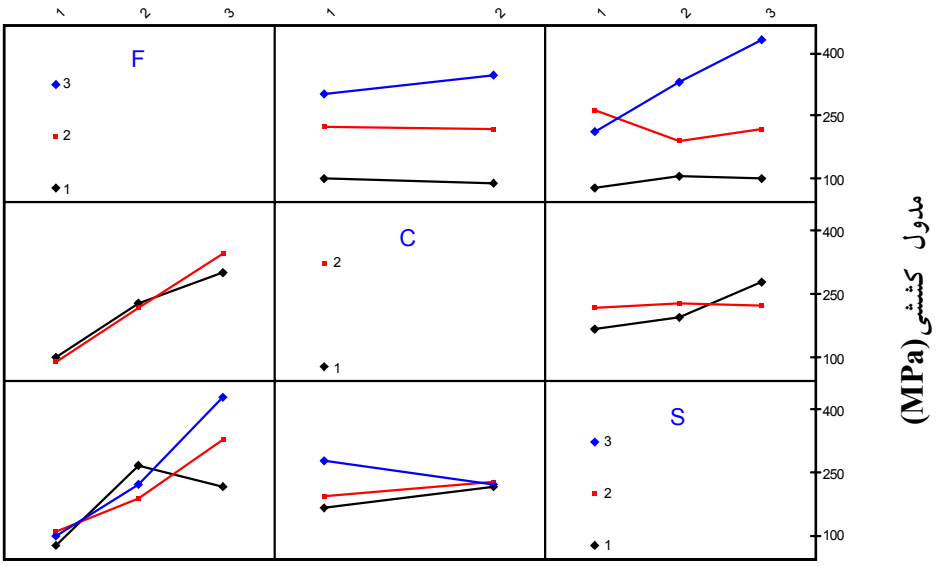
شکل ٤- نمودار اثرات متقابل فاکتور های مقدا ر(F) ، نوع خمیر(C) و مقدار جفت‌کننده (S) بر روی استحکام کششی (MPa).

www.SID.ir

Archive of SID

مدول کششی: دومین مدل ارائه شده در جدول ٦ 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 برروی مدول کششی تأثیر نداشت. مقدار جفت‌کننده برروی مدول مؤثر ولی در مقایسه با مقدار خمیر تأثیر کمی دارد (شکل ٢). همان‌طوری‌که در شکل ٥ 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 ٩٩درصد ندارند.

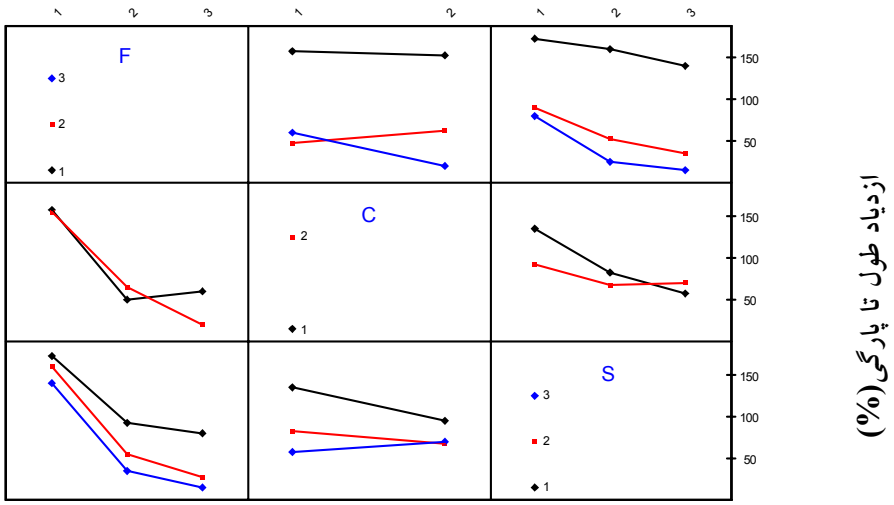
ازدیاد طول تا پارگی: مدل ساخته شده برای خاصیت ازدیاد طول نهایی نشان می‌دهد که با افزایش مقدار خمیر کاغذ پاسخ مربوطه کاهش می‌یابد. همواره افزایش الیاف سخت به فاز زمینه گرما نرم سبب کاهش کرنش نهایی ماده می‌شود. افزایش چسبندگی فاز زمینه به الیاف، سبب می‌شود که کرنش نهایی کاهش یابد به‌عبارت دیگر افزایش مقدار 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 تقویت کنندگی 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 ٦ همه متغیرهای آنالیز شده برروی ازدیاد طول تا پارگی مؤثر هستند. همان‌طوری‌که در شکل ٣ ملاحظه می‌شود نوع خمیر تأثیر کمتری در مقایسه با مقدار خمیر و جفت‌کننده برروی ازدیاد طول تا پارگی دارد. اثرات متقابل بین تمام پارامترهای موجود در آزمایش وجود دارد که در شکل ٦ نمایش داده شده است. همان‌طوری‌که نتایج تیمار ٤ در جدول ٥ و شکل ٦ نشان می‌دهد بهترین ازدیاد طول تا پارگی را فرآورده مرکب حاوی ١٠ درصد خمیر CMP با ١ درصد جفت‌کننده دارا می‌باشد.



شکل ٥- نمودار اثرات متقابل فاکتورهای مقدار (F)، نوع خمیر (C) و مقدار جفت‌کننده (S) برروی مدول کششی (MPa).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- نمودار اثرات متقابل فاکتورهای مقدار (F)، نوع خمیر (C) و مقدار جفت‌کننده (S) برروی ازدیاد طول تا پارگی (درصد).

نتیجه‌گیری

افزایش مقدار الیاف خمیر کاغذ بدون جفت‌کننده سبب کاهش خواصی نظیر ازدیاد طول تا پارگی و استحکام کششی می‌شود ولی با استفاده از جفت‌کننده سیلانی γ – آمینوپروپیل‌تری‌متوکسی‌سیلان، خواص مکانیکی فرآورده حاصل نسبت به PVC افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که بیشینه استحکام کششی را فرآورده مرکب حاوی ۳۰درصد خمیر کاغذ NSSC با ۱ درصد ماده جفت کننده سیلانی دارا می‌باشد. 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 می‌شود ولی این تفاوت با خمیر CMP معنی‌دار نیست. با افزایش مقدار الیاف در کامپوزیت مدول کششی صرف‌نظر ار نوع خمیر افزایش ولی ازدیاد طول تا پارگی کاهش می‌یابد. نتایج خواص مکانیکی حاصل ازمدل ارائه شده با مقادیر حاصل از آزمایش نزدیک می‌باشد.

منابع

۱.شاکری ع.، و هاشمی، س.ع.، ۱۳۸۱. خواص مکانیکی و شکل‌شناسی 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 تکنولژی پلیمر، سال شانزدهم، شماره ۲، ۷۸-۷۱ .

3.Bledzki, A.K., Rehame, S., and Gassan, J., 1998. Thermoplastic reinforced with wood filler. Polym. Plast. Technol. Eng. 37 (4): 451-468.

4.Box G. Statistic for expremenlers. 1978. NewYork, Willey, 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 Scince 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.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 14(2), June -July 2007
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

Statstical 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 tensil testing on poly(vinyl chlorid) (PVC)- plup paper composite using a statical model in order to composite mechanical properties predication have been investigated. In prepartion for pulp paper reinforced-PVC composites, two types of pulp paper (Chemical - Mechanical pulp (CMP) and Natrual Sulphite Semi - Chemical pulp (NSSC)) were mixed with PVC at three different levels of wt% of 10, 20 and 30. γ- aminopropeyl trimethoxy silane was used at 0, 1 and 2 wt% as a coupling agent. The effect of these variables on tensile strenght, Young's modulus, elangation at yeild was determained through 3*2*3 factorial design. The anaylsis of variance of the expermental and predicted data show that the constracted models provide a fair approximention 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

www.SID.ir