علمی- فنی

طراحی آمیزه‌ی بلت سیمی تایر رادیال سواری بر پایه‌ی آلیاژ کائوچوی طبیعی و کائوچوی سیس بوتادین

Design of a Passenger Radial Tire Compound for Steel Belt Based on Natural Rubber and cis Butadiene Rubber

چکیده:

بیشتر فرمول‌های مورد استفاده برای پوشش (coating) بلت تایر رادیال سواری بر پایه‌ی کائوچوی طبیعی است. در این مقاله‌ی پژوهشی، امکان توسعه‌ی فرمول از طریق آلیاژسازی این کائوچو با کائوچوی سیس‌بوتادین موردمطالعه قرار گرفته است. فرمول پایه‌ی مورد استفاده، شامل کائوچوی طبیعی پرشده با دوده‌ی N326 است. مطالعه‌ی جامع مروری در مورد تمامی اجزای فرمول آمیزه‌ی بلت سیمی، برای تصمیم‌گیری و مشخص کردن متغیرهای تجربی این مطالعه انجام شده است. سپس در قالب طرح آزمایش و تحلیل و بهینه‌سازی آماری، جای‌گزینی بخشی از کائوچوی طبیعی با کائوچوی سیس‌بوتادین در کنار تغییر دو عامل کلیدی، یعنی مقدار رزورسینول و رزین فرمالدئیددهنده، مطالعه شد. فرمول توسعه داده‌شده علاوه بر دارا بودن بیشترین چسبندگی آمیزه - سیم، کاهش قابل‌توجه در پدیده‌ی بازگشت را نشان داد که از لحاظ عملکرد تایر در حین سرویس دارای اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: بلت، تایر رادیال، طراحی آمیزه‌ی لاستیکی، چسبندگی، تحلیل رگرسیون.

نوع مقاله: پژوهشی

مهدی شیوا[1]* و حسین وارسته[2]

۱- استادیار، مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده‌ی مهندسی معدن، عمران و شیمی، دانشگاه صنعتی بیرجند

۲- کارشناس، مهندسی شیمی، واحد تکنولوژی، شرکت لاستیک‌سازی کویر تایر

* عهده دار مکاتبات:
mehdishiva@birjandut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۳۱

مقدمه:

چسبندگی کائوچوی طبیعی به برنج (آلیاژ مس- روی) منحصربه‌فرد است و میزان چسبندگی موردنیاز برای پیوند فلز به این پلیمر غیرقطبی، طی پخت گوگردی آمیزه تأمین می‌شود. این چسبندگی شامل یک‌لایه‌ی سطحی از سولفیدها و اکسیدهای مس و روی است. در خلال ولکانیزاسیون آمیزه، یک پیوند قوی بین سطح برنج با مولکول‌های فعال گوگردی ایجاد می‌شود. این پیوند از راه یک‌لایه‌ی سولفیدمس غیراستوکیومتری (Cu_xS) پیش از تشکیل کامل پیوندهای عرضی گوگردی لاستیک- لاستیک شکل می‌گیرد. فیلم Cu_xS توسط اکسیدمس سطحی تشکیل می‌شود. در مرحله‌های اولیه‌ی ولکانیزاسیون یا پخت گوگردی، یون‌های مس، یون‌های روی و الکترون‌های آزاد به سمت سطح سیم برنجی - از راه نفوذ کاتیونی - جابه‌جا می‌شود و یک‌لایه‌ی

سولفیدمس و اندکی سولفیدروی از راه فرایند ولکانیزاسیون شکل می‌گیرد. روی سطح اکسیدروی اولیه، سولفیدمس و روی رشد می کند. در اینجا شرایط باید به‌گونه‌یی باشد که سرعت تشکیل سولفیدمس بسیار بیشتر از سولفید روی شود و لایه‌یی با ضخامت بحرانی از سولفید مس شکل بگیرد. در مرحله‌های اولیه‌ی سولفیداسیون، سولفیدروی به-آهستگی شکل می‌گیرد و در پی آن، از نفوذ یون‌های مس به درون لایه جلوگیری می‌شود. به‌دلیل اختلاف در شعاع یونی، مهاجرت یون‌های مس آهسته‌تر از یون‌های روی است. Cu_2O ابتدایی موجود روی لایه‌ی ZnO در خلال پخت گوگردی به-سرعت به Cu_xS تبدیل می‌شود [۱]. عملکرد و کارایی تایرهای رادیال امروزی تا حد زیاد به‌قدرت و پایداری پیوند تشکیل شده بین کائوچوی طبیعی آمیزه ی بلت و سیم فولادی پوشش داده شده با برنج در طول ولکانیزاسیون بستگی دارد. معمولاً کائوچوی طبیعی به‌عنوان الاستومر انتخابی و بدون آلیاژسازی با الاستومر دیگر برای دست‌یابی به چسبندگی خوب میان آمیزه و سیم برنجی استفاده می‌شود. استفاده از مقدار زیاد گوگرد برای افزایش x در لایه‌ی Cu_xS و ارتقای پیوند رابر- برنج ضروری‌ست، از این رو بیشتر فرمول‌های بلت سیمی حاوی مقدار زیادی گوگرد هستند [۲]. بااین‌حال استفاده نکردن از آلیاژ کائوچوی طبیعی و کائوچوی دوم در آمیزه‌ی بلت سیمی، منجر به پیدایش پدیده‌ی بازگشت در حالت پخت گوگردی می‌شود که این پدیده با حضور مقدار زیاد گوگرد (نسبت بالای گوگرد به شتاب‌دهنده) و افزایش درصد پیوندهای پلی‌سولفیدی تشدید می شود و می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد تایر حین سرویس داشته باشد. هرچند امروزه به‌یاری مواد شیمیایی بازدارنده‌ی پدیده ی بازگشت موسوم به آنتی‌ریورس این پدیده قابل‌کنترل است؛ اما ممکن است مواد گران‌قیمت و کمیاب کارایی بالایی نداشته باشد. در مطالعه‌ی پیشین [۳]، جای‌گزینی کائوچوی طبیعی با کائوچوی سیس پلی بوتادین برای فرمول حاوی دوده‌ی N330 بررسی شده است، با این حال، استفاده از دوده‌ی N326 در آمیزه‌ی بلت سیمی از منظر خواص فیزیکی- مکانیکی و فرایندی دارای برتری‌هایی‌ست. در این مطالعه پتانسیل آلیاژسازی کائوچوی طبیعی با کائوچوی سیس بوتادین با هدف به بیشترین حد رساندن چسبندگی آمیزه - سیم و کاهش پدیده‌ی بازگشت در حضور این دوده برای آمیزه‌ی بلت سیمی مورد مطالعه قرار گرفته است.

بخش تجربی

در این بخش، مواد مورد استفاده، تجهیزات، روش تهیه‌ی آمیزه‌ها و نحوه‌ی اندازه‌گیری خواص و رویکرد مورد استفاده برای توسعه‌ی فرمول ارائه شده است.

مواد مورد استفاده

کائوچوی طبیعی SMR20، کائوچوی سیس‌بوتادین، دوده N326،التراسیلVN3،روغن‌آروماتیک،اکسیدروی،اسیداستئاریک، ترکیب کبالت، گوگرد روغنی، شتاب‌دهنده‌ی سولفنامیدی، بازدارنده‌یPVI، رزورسینول، رزین فرمالدئیددهنده، کورزین.

تجهیزات

بنبوری آزمایشگاهی ۲ لیتری Pomini ایتالیا، دستگاه پرس پخت مدل H.R.M.TP2 SD- 010 ساخت کشور ژاپن، میل دو غلتکی مدل (BERGAMO ITALY) MCCIN 152 X 305 R- E)، دستگاه کشش، رئومتر ODR شرکت آلفا.

روش‌های آزمون

آمیزه‌های مستر لاستیکی بر اساس فرمول‌های طراحی‌شده، در بنبوری آزمایشگاهی با شرایط یکسان تهیه و روی میل دوغلتکی فاینال شدند. پس از گذشت یک روز، آزمون رئومتری در دمای ۱۸۵ °C به‌مدت ۶ دقیقه روی نمونه‌ها انجام شد.

نمونه‌ها برای آزمون کشش و چسبندگی به سیم در قالب مخصوص، در پرس پخت در دمای ۱۵۱ °C، به‌مدت ۳۰ دقیقه پخت شد. اندازه‌گیری میزان چسبندگی سیم به آمیزه بر اساس استاندارد ASTM D-2229 انجام شد. نیروی لازم برای جدا کردن سیم از درون آمیزه برحسب نیوتن برای ۸ نمونه اندازه‌گیری و میانگین‌گیری شد. هم‌چنین آزمون چسبندگی پس از اعمال شرایط فرسوده‌سازی شتاب‌یافته به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱۰۰ °C روی نمونه ها انجام شد.

رویکرد مورد استفاده برای توسعه‌ی فرمول

فرمول پایه‌ی مورد استفاده در این مطالعه که با دوده‌ی N326 پرشده، در مقایسه با فرمول توسعه داده شده با دوده‌ی N330 که مبنای مطالعه‌ی پیشین قرار گرفته بود، دارای چندین تغییر مهم مانند افزایش قابل‌توجه نسبت گوگرد به شتاب‌دهنده، نسبت بالاتر اکسیدروی به اسید استئاریک، و تغییر شتاب‌دهنده‌ی سولفنامیدی CBS به DCBS است. نقش بهبوددهنده‌ی چسبندگی به سیم آمیزه‌ی لاستیکی حاوی کائوچوی طبیعی با افزایش گوگرد در مراجع مختلف آدرس داده شده است. در مطالعه‌های پیشین [۲] نیز این مهم به‌طور تجربی بررسی شده است. اثر بهبوددهنده‌ی افزایش اکسیدروی و نقش مخرب اسید استئاریک بر پدیده‌ی چسبندگی سیم به‌لاستیک نیز به‌خوبی در مراجع مطالعه شده است. هم‌چنین نقش و نحوه‌ی عمل شتاب‌دهنده‌ی DCBS برای حصول چسبندگی بهتر و نیز کاهش خوردگی سیم اثبات شده است [۲]. بنابراین این سه متغیر در مقدارهای ثابت حفظ و بدون تغییر نگهداشته شد. مقدار روغن مصرفی نیز در حداقل ممکن حفظ شد، زیرا نشان داده شده که روغن اثر تخریبی بر چسبندگی آمیزه - سیم دارد. ترکیب‌های حاوی کبالت عامل مهم دیگر مورد استفاده در فرمول‌بندی آمیزه‌ی بلت سیمی ست. همان‌طور که Van ooj اظهار کرده است کبالت علاوه بر این‌که از خوردگی جلوگیری می‌کند بر سرعت تشکیل غلظت و طبیعت قطعه‌های سولفید شده تأثیر داشته و اگر چنین باشد به‌طور غیرمستقیم بر ساختار CuxS تأثیرگذار است. بااین‌حال مطالعه‌ها در این زمینه کامل نیست. هم‌چنین کبالت قادر به مصرف گوگرد است، اگر مقدار زیاد کبالت استفاده شود بخش زیادی از گوگرد موجود در آمیزه در پیوندهای عرضی ظاهر نشده و CoS تشکیل می‌شود. مقدار و نوع پُرکننده در توسعه‌ی هر آمیزه‌ی لاستیکی با اهمیت است. دوده‌ی N326 و N330 پُرکننده‌ی معمول برای ساخت آمیزه‌ی بلت سیمی است. هم‌چنین سیلیکای رسوبی به‌منظور بهبود چسبندگی آمیزه به سیم به مقدار اندک در فرمول استفاده می‌شود. مقدار پُرکننده‌ها نیز در این مطالعه ثابت نگه داشته شد.

بنابراین برای توسعه‌ی فرمول بر پایه‌ی کائوچوی طبیعی و سیس پلی‌بوتادین، با انجام این مطالعه‌ی جامع مروری، طراحی آزمایش بر اساس رویکرد سطح پاسخ Box Behnken، تنها با سه عامل اصلی زیر انجام شد:

۱- کائوچوی سیس پلی بوتادین با سطح تغییر صفر تا ۲۰ قسمت وزنی، ۲- رزین فرمالدئید دهنده با سطح تغییر ۱٫۵۰ تا ۲٫۰۰ قسمت وزنی، و ۳- رزورسینول با سطح تغییرهای ۱٫۴۰ تا ۱٫۹۰ قسمت وزنی. به‌این‌ترتیب حجم کارهای تجربی در این مطالعه به‌طور قابل‌ملاحظه‌یی کاهش پیدا کرد.

مدل‌سازی و تحلیل آماری

داده‌های تجربی گردآوری شده بر اساس طرح آزمایش، برای تخمین ضریب‌های یک مدل خطی، موسوم به مدل سطح پاسخ استفاده شد. مدل سطح پاسخ معمولاً یک چندجمله‌یی‌ست که در آن اثرها یا ترم‌های درجه اول، درجه دوم و برهم‌کنش دوتایی لحاظ شده است. شکل کلی معادله به‌صورت زیر است:

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^{k} a_j x_j + \sum_{j=1}^{k} a_{jj} x_j^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^{k} a_{ij} x_i x_j \qquad (۱)$$

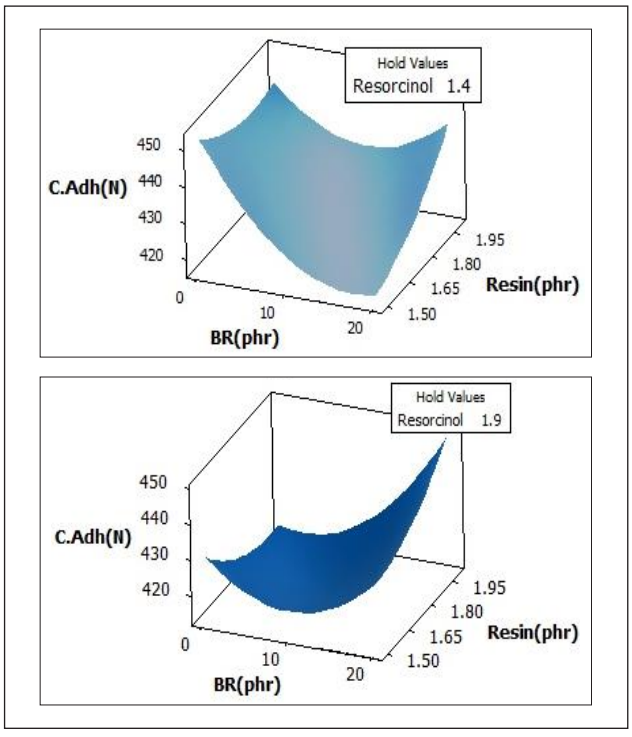
در معادله‌ی بالا y پاسخ یا متغیر وابسته است. xj متغیر مستقل است و a ضریب‌های مدل، که باید با رگرسیون خطی تخمین زده شود. k تعداد فاکتورها یا متغیرهای مستقل است. در این مطالعه، y شامل داده‌های چسبندگی رابر- سیم در شرایط معمولی فرسایش و درصد بازگشت است. xj شامل سه متغیر مقدار کائوچوی پلی بوتادین، مقدار رزین فرمالدئید دهنده و رزورسینول است. صلاحیت و کفایت مدل توسط آماره‌های ضریب رگرسیون و تحلیل واریانس مشخص شده است.

نتیجه‌ها و بحث

در جدول (۱) ضریب‌های مدل سطح پاسخ (معادله‌ی ۱) برای پارامتر چسبندگی آمیزه- سیم حاصل از برازش داده‌های تجربی ارائه شده است. ضریب‌های مدل و آماره‌های تأییدی شامل ضریب‌های برازش و تحلیل واریانس برای مدل چسبندگی آمیزه - سیم در شرایط فرسوده شده، در جدول (۲) ارائه شده است. در نهایت در جدول (۳) ضریب‌های مدل درصد بازگشت و ضریب‌های آماری مربوط به آن آمده است. مقدارهای بالای ضریب رگرسیون و نیز مقدار P_regression<۰٫۰۵ برای هر سه مدل بیانگر کفایت و صلاحیت مدل‌های توسعه یافته است. اهمیت ترم‌های برهم‌کنش BR*Resin و BR*resorcinol در مدل چسبندگی به سیم بیانگر این نکته‌ی مهم است که در مورد اثرهای چسبندگی آمیزه - سیم، جای‌گزینی کائوچوی طبیعی با کائوچوی سیس پلی‌بوتادین وابسته به مقدار رزین و رزورسینول است. در شکل (۱) منحنی‌های پاسخ سطح چسبندگی به سیم به‌دست آمده از مدل ارائه شده است. نتیجه‌ها نشان داده است که با تنظیم سطح‌های رزین و رزورسینول، می‌توان به سطح‌های بالای چسبندگی به سیم در حضور کائوچوی سیس پلی‌بوتادین دست یافت. روند وابستگی چسبندگی به سیم به عامل‌های فرمول در شرایط فرسایش یافته بسیار شبیه شرایط نرمال بود، نتیجه‌ها در شکل (۲) ارائه شده است.

جدول ۱- ضریب‌های مدل چسبندگی به سیم آمیزه‌ی لاستیکی در شرایط نرمال و آماره‌های تأییدی مدل

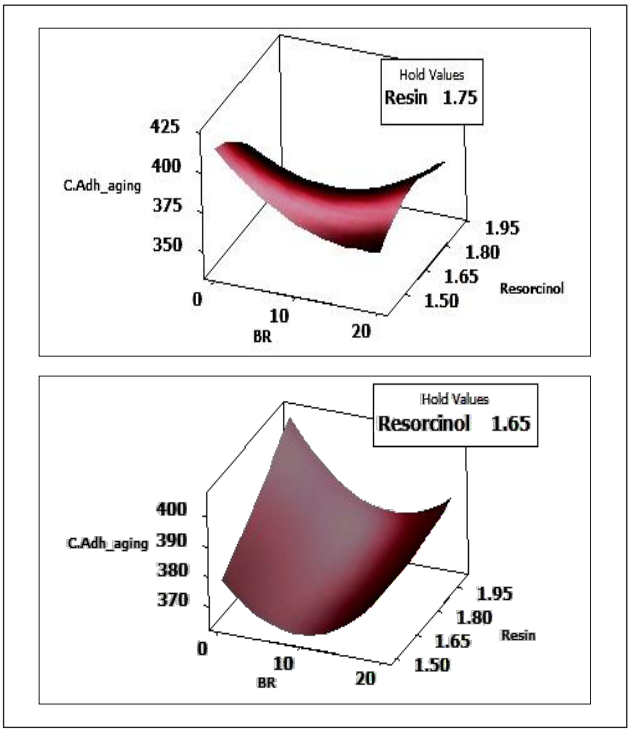
مدل پاسخ	چسبندگی آمیزه- سیم برحسب نیوتن			
ترم	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی t	آماره‌ی P
Constant	۴۱۰٫۲۵	۳٫۳۲	۱۲۳٫۱۱	۰٫۰۰
BR	-۰٫۴۹۵	۱٫۶۶	-۰٫۲۹۷	۰٫۷۸۱
Resin	۲٫۷۰	۱۶٫۶	۱٫۶۲۱	۰٫۱۸۰
Resorcinol	-۳٫۹۳	۱٫۶۶	-۲٫۳۶	۰٫۰۷۸
BR*BR	۱۱٫۵۱	۲٫۶۳	۴٫۳۷	۰٫۰۱۲
Resin*Resin	۴٫۴۳	۲٫۶۳	۱٫۶۸	۰٫۱۶۸
Resorcinol*Resorcinol	۹٫۴۵	۲٫۶۳	۳٫۵۹	۰٫۰۲۳
BR*Resin	۸٫۰۰	۲٫۳۶	۳٫۳۹	۰٫۰۲۷
BR*Resorcinol	۸٫۸۲	۲٫۳۶	۳٫۷۴	۰٫۰۲۰
Resin*Resorcinol	-۱٫۵۹	۲٫۳۶	-۰٫۶۷	۰٫۵۳۷
ضریب‌های رگرسیون	R^2 =۸۷٫۹۳ %, R^2(adj) = ۸۰٫۶۰%, S= ۴٫۷۱			
تحلیل واریانس	F- regression= ۶٫۸, P-regression =۰٫۰۴			



شکل ۱- منحنی پاسخ سطح اثر مواد فرمول‌بندی بر چسبندگی لاستیک به سیم آمیزه‌ی بلت سیمی برحسب نیوتن در شرایط نرمال

جدول ۲- ضریب‌های مدل چسبندگی به سیم آمیزه‌ی لاستیکی در شرایط فرسوده سازی به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱۰۰ °C و آماره‌های تأییدی مدل

مدل پاسخ	چسبندگی لاستیک- سیم برحسب نیوتن			
ترم	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی t	آماره‌ی P
Constant	۳۷۱٫۵	۴٫۳۳	۸۵٫۸۸	۰٫۰۰۰
BR	-۲٫۸۸	۲٫۱۶	-۱٫۳۳	۰٫۲۵۵
Resin	۸٫۳۸	۲٫۱۶	۳٫۸۷	۰٫۰۱۸
Resorcinol	-۱۶٫۷۵	۲٫۱۶	-۷٫۷۵	۰٫۰۰۱
BR*BR	۱۶٫۰۰	۳٫۴۲	۴٫۶۸	۰٫۰۰۹
Resin*Resin	۱٫۵۰	۳٫۴۲	۰٫۴۴	۰٫۶۸۴
Resorcinol*Resorcinol	-۱۳٫۲۵	۳٫۴۲	-۳٫۸۸	۰٫۰۱۸
BR*Resin	-۵٫۵۰	۳٫۰۶	-۱٫۸	۰٫۱۴۷
BR*Resorcinol	۱۹٫۷۵	۳٫۰۶	۶٫۴۶	۰٫۰۰۳
Resin*Resorcinol	-۶٫۷۵	۳٫۰۶	-۲٫۲۱	۰٫۰۹۲
ضریب‌های رگرسیون	R^2 = ۹۷٫۷۴ %, R^2(adj) = ۹۲٫۶۴ %, S= ۶٫۱۱			
تحلیل واریانس	F- regression= ۱۹٫۱۸ , P-regression= ۰٫۰۰۶			



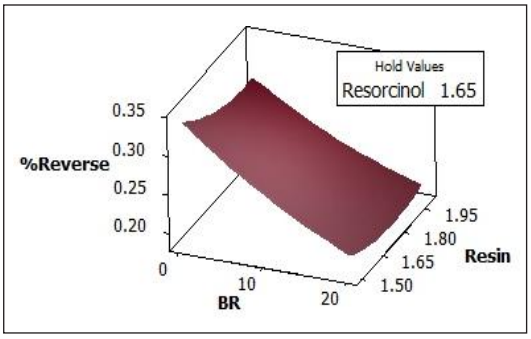
شکل ۲- منحنی پاسخ سطح اثر مواد فرمول¬بندی بر چسبندگی لاستیک به سیم آمیزه‌ی بلت سیمی برحسب نیوتن، در شرایط فرسوده سازی به مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

همان‌طور که Van ooij در مقاله‌ی مروری اخیر خود اشاره کرده است [۴]، مقاله ها و پتنت‌های انتشار یافته در سال‌های اخیر در حوزه‌ی افزودنی‌ها به آمیزه‌ی بلت را می‌توان به سه مجموعه‌ی فعال‌تر تقسیم کرد: (۱) تأثیر سیلیکا برچسبندگی لاستیک- سیم، (۲) تاثیر ارتقا دهنده‌های چسبندگی، (۳) تأثیر رزین‌های استاندارد HMMM/Resorcinol، که مورد سوم بیشترین پژوهش در دهه‌ی گذشته را به خود اختصاص داده است. نشان داده شده است که افزودن رزین به‌ویژه در کنار ترکیب کبالت، منجر به ارتقای رفتار چسبندگی به سیم می‌شود. سازوکار بهبود دهنده هنوز به‌خوبی مطالعه نشده است، با این‌حال، چندین پژوهش‌گر نحوه‌ی عملکرد رزین فوق را بررسی کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال، Hamed اظهار کرده است که HMMM با به تله انداختن ترکیب‌های آمینی به‌دست آمده از تجزیه‌ی شتاب‌دهنده‌ی سولفنامیدی در حین فرایند پخت، از تأثیر منفی و مخرب ناشی از حضور این ترکیب‌ها در سطح تماس آمیزه - سیم جلوگیری می‌کند [۵].

جدول ۳- ضریب‌های مدل بازگشت آمیزه‌ی لاستیکی در شرایط آزمون رئومتری (۱۸۵ °C و ۶ دقیقه) و آماره‌های تأییدی مدل

مدل پاسخ	درصد بازگشت			
ترم	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی t	آماره‌ی P
Constant	۰٫۲۳۵۱۱۶	۰٫۰۰۸۶۳	۲۷٫۲۴	۰٫۰۰۰
BR	-۰٫۰۵۹۰۰	۰٫۰۰۴۳۱	-۱۳٫۶۷	۰٫۰۰۰
Resin	-۰٫۰۱۳۴۱۶	۰٫۰۰۴۳۱	-۳٫۱۰۸	۰٫۰۳۶
Resorcinol	۰٫۰۰۷۰۳۰	۰٫۰۰۴۳۱	۱٫۶۲۹	۰٫۱۷۹
BR*BR	۰٫۰۰۹۹۹۶	۰٫۰۰۶۸۲	۱٫۴۶۵	۰٫۲۱۷
Resin*Resin	۰٫۰۱۴۵۱۲	۰٫۰۰۶۸۲	۲٫۱۲۶	۰٫۱۰۱
Resorcinol*Resorcinol	-۰٫۰۰۰۳	۰٫۰۰۶۸۲	-۰٫۰۰۴	۰٫۹۹۷
BR*Resin	۰٫۰۰۸۸۴۳	۰٫۰۰۶۱۰	۱٫۴۴۹	۰٫۲۲۱
BR*Resorcinol	-۰٫۰۰۶۲۵	۰٫۰۰۶۱۰	-۱٫۰۲۴	۰٫۳۶۴
Resin*Resorcinol	۰٫۰۰۲۲۱۳	۰٫۰۰۶۱۰	۰٫۷۳۵	۰٫۷۳۵
ضریب‌های رگرسیون	R^2 = ۹۸٫۱۲ %, R^2 (adj) = ۹۳٫۸۸ %, S= ۰٫۰۱۲			
تحلیل واریانس	F- regression= ۲۳٫۱۷ , P-regression= ۰٫۰۰۴			

اهمیت آماری ضریب BR و مقدار منفی و بزرگ این ضریب در مدل درصد بازگشت (جدول ۳) دلالت بر تأثیر قابل‌توجه جای‌گزینی بخشی از کائوچوی طبیعی با کائوچوی پلی‌بوتادین بر پدیده‌ی بازگشت دارد. اثرهای برهم‌کنش و درجه ۲ از لحاظ آماری با اهمیت نیستند. شکل (۳) منحنی سطح پاسخ این مدل را نشان می‌دهد. درصد بازگشت کاهش قابل‌توجهی یافته است. حضور مقدار زیاد گوگرد در آمیزه‌ی لاستیکی بلت باعث تشکیل پیوندهای پلی‌سولفیدی زیادی در آمیزه و پر رنگ شدن اثر پدیده‌ی بازگشت می‌شود. حضور مقدارهای زیاد گوگرد برای به‌دست آوردن چسبندگی بالا ضروری‌ست. همان‌طور که Van Ooij در مدل به‌روزآوری شده خود اشاره کرده است، مهم‌ترین پارامتر آمیزه که بر چسبندگی به سیم تأثیرگذار است، نسبت گوگرد به شتاب‌دهنده است. به‌طورکلی در نسبت‌های بالاتر از ۴، فیلم‌های Cu_xS پایداری تشکیل می‌شود که به چسبندگی بالا منجر می‌گردد. بدون توجه به کیفیت و مقاومت خوردگی بالای سیم مورد استفاده، فیلم‌های تشکیل شده در حضور ترکیب‌های با نسبت گوگرد به شتاب‌دهنده‌ی کمتر از ۴، چسبندگی بسیار ضعیفی نشان داده است. افزایش مقدار شتاب‌دهنده از طرفی برای کاهش پدیده‌ی بازگشت (از طریق ایجاد پیوندهای گوگردی مونو و دی) با محدودیت‌هایی روبه‌روست و ازطرف دیگر، افزایش سرعت پخت گوگردی را به‌دنبال دارد که باعث افت چسبندگی به سیم می‌شود؛ زیرا برای ارتقای چسبندگی باید فرصت کافی برای تشکیل فیلم یکنواخت و با ضخامت مناسب Cu_xS وجود داشته باشد. همچنین، جلوگیری از واکنش‌های خوردگی سیم ناشی از تشکیل کمپلکس‌های مس پایدار بسیار مهم است و باید از استفاده از شتاب‌دهنده‌هایی که این اثرها را دارند، مانند شتاب‌دهنده‌های تیورامی، دوری کرد. سایر تغییرها در مقدارهای اسید استئاریک و اکسید روی نیز مناسب نخواهد بود؛ زیرا همان‌طور که در مرجع‌ها آمده است، اسید استئاریک می‌تواند بر کاهش چسبندگی تأثیرگذار باشد و اثر خوردگی بالایی نیز روی برنج دارد. فیلم ZnO سطحی به‌راحتی مورد حمله‌ی اسید استئاریک قرار می‌گیرد؛ بنابراین اسید استئاریک باید به‌سرعت در حین پخت مصرف شود. پس اکسید روی مورد استفاده در آمیزه باید به‌سرعت با اسید استئاریک وارد واکنش شود و برای این مهم باید نسبت اکسید روی به اسید استئاریک به‌اندازه‌ی کافی زیاد باشد. بنابراین، حضور کائوچوی پلی‌بوتادین در کنار کائوچوی طبیعی در آمیزه‌ی بلت سیمی، مناسب‌ترین روش برای کاهش اثر منفی پدیده‌ی بازگشت خواهد بود.



شکل ۳- منحنی پاسخ سطح اثر مواد فرمول‌بندی بر پدیده‌ی بازگشت

در طرح پژوهشی پیش [۲]، این جای‌گزینی با مطالعه‌ی تجربی و تغییر مقدار تعداد زیادی از مواد فرمول شامل گوگرد، پرکننده، رزین، رزورسینول،کائوچو، و نیز با اجرای طرح آزمایش و تحلیل ترکیبی RSM/ANN با تهیه و ثبت خواص و تحلیل ۳۴ آمیزه‌ی لاستیکی انجام شد. اما در این مطالعه، ابتدا به‌کمک مطالعه‌ی جامع مروری، تعداد زیادی از مواد متعدد فرمول‌بندی در مقدار لازم، ثابت نگه داشته شد و کارهای تجربی تنها با سه متغیر کلیدی انجام شد. به‌این‌ترتیب همان نتیجه‌ی بیشترین چسبندگی آمیزه - سیم و نیز شرایط مناسب سایر ویژگی‌های آمیزه‌ی جدید، تنها با ۱۴ آزمون تجربی به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه نشان داده شد که امکان حفظ ویژگی چسبندگی آمیزه - سیم در آلیاژسازی کائوچوی طبیعی با کائوچوی پلی‌بوتادین در آمیزه‌ی بلت سیمی، چنان‌چه میزان مصرف سایر مواد فرمول‌بندی در مقدار بهینه قرار بگیرد، وجود دارد. به‌این‌ترتیب پدیده‌ی بازگشت در آمیزه اصلاح می‌شود و از ضرورت استفاده از مواد گران‌قیمت و کمیابی مانند آنتی‌ریورس در فرمول بلت سیمی کاسته می‌شود IRM

مراجع

1. Van Ooij, W. J. (1984) . Mechanism And Theories Of Rubber Adhesion To Steel Tire Cords: An Overview, Rubber Chemistry and Technology, 57:3, 421- 456.
2. Dick, J. S. (2004) . How to Improve Rubber Compounds, first ed., Munich, Germany. Hanser Publishers.
3. Shiva, M. (2014) . Modeling and Optimization of Rubber to Steel Adhesion on the basis of Experimental Data using Combined RSM/ANN Approach, 11 th International Seminar on Polymer Science and Technology, 6- 9 October, Iran Polymer and Petrochemical Institute,Tehran, Iran.
4. Van ooij W. J., Harakuni, P. B. and Buytaert G. (2009). Adhesion of Steel Tire Cord to Rubber, Rubber Chemistry and Technology, 82: 3, 315- 339.
5. Hamed, G. R. and Huang, J. (1991). Combining Cobalt and Resorcinolic bonding agents in Brass- Rubebr Adhesion, Rubber Chemistry and Technology, 64:2, 285- 295.

– موانعی را که مانع احساس غرور کارگران می شود، بردارید. مسؤولیت سرپرستان باید از کمیت به کیفیت تغییر یابد.

– دیوارهای میان دپارتمان‌ها را بردارید. کارکنان واحدهای پژوهش، طراحی، فروش و تولید باید به‌شکل یک تیم کار کنند تا بتوانند مشکلات تولید و کاربرد محصولات را به‌موقع پیش بینی کنند.

– برای دست یابی به کیفیت، وابستگی به بررسی محصولات پس از تولید را کنار بگذارید. به‌جای آن کیفیت را از همان اول وارد محصولات خود کنید.

چهارده نکته‌ی دمینگ

Design of a Passenger Radial Tire Compound for Steel Belt Based on Natural Rubber and cis Butadiene Rubber

M. Shiva[1,*] and H. Varasteh[2]

1. Assistant Prof. of Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering, Faculty of Mining Engineering, Civil Engineering and Chemistry, Birjand University of Technology
2. BSc in Chemical Engineering, Technology Unit, Kavir Tire Rubber Company

*Corresponding author Email: mehdishiva@birjandut.ac.ir

Recieved: July 2016, Accepted: August 2016

Abstract: Most formulas used for the passenger radial tire belt compound are based on natural rubber. This project seeks to develop the formula by blending it with cis- butadiene rubber. The basic formula includes natural rubber filled with carbon black N326. Comprehensive study review of all components of the steel belt formulation to decide and determine the empirical factors was performed.Then in experimental design and statistical analysis framefork, partial replacement of natural rubber with cis- butadiene rubber with two key factors of resorcinol and formaldehyde donor resin were studied. The developed formula, in addition to having maximum adhesion rubber- wire, showed a significant reduction in the reversion phenomenon.

Keywords: Steel Belt, Radial Tire, Rubber Compound Design, Adhesion, Regression Analysis.