

اثر دوده و کائوچوی مصنوعی آلیاژ شده بر کیفیت چسبندگی آمیزه گام بالشتک در تایرهای روکش شده

The Effect of Synthetic Rubber Blend and Carbon Black on Cushion Gum Adhesion in Retreated Tires

غلامرضا بخشنده*، محمد علی سلطانهلی نژاد

تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده فرایند، گروه لاستیک، صندوق پستی ۱۴۹۶۵/۱۱۵

دریافت: ۸۷/۱۰/۲۴، پذیرش: ۸۲/۵/۶

چکیده

تایرهای روکش شده به عنوان یکی از محصولات بازیافتی تایر مطرح شده اند، بدین ترتیب که منجید مستعمل پس از طی مراحل ویژه‌ای روکش شده و به چرخه مصرف بازگردانده می‌شود. جدا شدن آج از سطح منجید مستعمل در حین کار به عوامل متعددی بستگی دارد. آمیزه گام بالشتک نقش بسیار مؤثری در استحکام چسبندگی آج به منجید در تایر روکش شده دارد. در این مطالعه، اثر دوده و کائوچوهای BR و SBR برخواص آمیزه گام بالشتک و نیز پس از چسباندن آن به یک آمیزه پخت شده پایه از منجید تایر بررسی شده است. نتایج بیانگر آن است که با کاهش اندازه ذرات دوده مصرفی در آمیزه گام بالشتک می‌توان استحکام چسبندگی نهایی را افزایش داد. همچنین، کاربرد کائوچوی BR در آمیزه بالشتک گام به یک میزان بهینه می‌تواند باعث بهبود چسبندگی به سطح منجید مدل شود.

واژه‌های کلیدی

تایر روکش شده، گام بالشتک، منجید، دوده، کائوچو

مقدمه

حین کار به عوامل متعددی وابسته است. در این میان، آمیزه گام بالشتک نقش بسیار مؤثری در استحکام چسبندگی آج به منجید در تایر روکش شده دارد [۱، ۲].

دوده به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین پرکننده‌های تقویتی در آمیزه‌های الاستومری

امروزه، تایرهای روکش شده به عنوان محصولات بازیافتی صنعت تایر مطرح شده‌اند. در این صنایع، منجید مستعمل پس از طی مراحل ویژه‌ای تحت فرایند روکش شدن قرار می‌گیرد و به چرخه مصرف باز می‌گردد. پوست کن شدن آج از سطح منجید مستعمل در

Key Words

retreaded tire, cushion gum, carcass, carbon black, rubber

جدول ۱- مشخصات دوده ها [۵].
جدول ۳- اجزا و خواص آمیزه منجید پایه تهیه شده برای انجام آزمونهای چسبندگی [۳].

مقدار	مشخصات
۱۰۰	اجزای آمیزه (phr) لاستیک طبیعی، NR
۵	روی اکسید، ZnO
۲	استئاریک اسید
۳۰	دوده، N ۳۳۰
۴	رزین کومارون
۲	ضد اکسنده، HS
۰/۵	شتاب دهنده، CBS
۲/۵	گوگرد
۱۵۰	خواص دمای پخت (°C)
۳/۶۳	t _۵ متوسط (min)
۱۴/۹۶	t _{۹۵} متوسط (min)
۴۷/۷۴	(lb/in) M _{max}
۲۲/۷۵	گرانروی مونی قبل از پخت (۱+۴) ML
۲۶/۲	استحکام چسبندگی (MPa)
۶۰۰	ازدیاد طول تا پارگی (%)
۶/۳۱	(MPa) M _{۳۰۰}
۶۰	سختی (شور A)

مشخصات	N ۳۳۰	N ۶۶۰	N۷۷۲ (SRF)*
عدد یدی (mg/g)	۷۷-۸۷	۳۳-۴۱	۲۵-۳۵
سطح مؤثر (m ^۲ /g)	۷۵-۸۵	۳۰-۴۰	۳۰-۳۶
جذب، DBP (mL/۱۰۰g)	۹۹-۱۰۷	۸۷-۹۵	۶۲-۶۸
چگالی × ۱۰ ^{-۶} (kg/m ^۳)	۱۰/۲-۱۷/۶	۱۱/۴-۱۲/۷	۱۲/۷-۱۵/۴۲
اندازه ذرات (nm)	۳۲	۷۰	۸۳

* دوده نیمه تقویت کننده کوره ای (semireinforcer furnace)

مطرح است و بخش قابل توجهی از گرما اندوزی در قطعات لاستیکی به نوع دوده و مقدار آن وابسته است [۳]. گرما اندوزی به عنوان عامل محدود کننده و کاهنده عمر و دوام اتصالات چسبی مطرح است. افزون بر آن، افزایش سطح تماس دوده و لاستیک در صورتی که مقدار دوده در آمیزه زیاد باشد (۵۵ phr) باعث کاهش میزان چسبندگی آمیزه الاستومری در حالت خام خواهد شد. این موضوع به دلیل کاهش کارایی زنجیرهای پلیمری در برقراری اتصالات چسبی بین سطحی توجیه شده است [۴]. در این باره فارل و جرسپاچر در سال ۱۹۹۰ نقش انرژیهای بین سطحی در لاستیکها، حامد در سال ۱۹۸۱ ویژگی چسبندگی و استحکام پارگی آمیزه های خام الاستومری، فی و آندریاس در سال ۱۹۸۱ چسبندگی آمیزه های الاستومری خام و نیز کوریاکوس در سال ۱۹۹۳ اثر گرمایی و دمای بالای وولکانش برخواص آمیزه های پیش پخت تایر روکشی را مورد بررسی قرار داده اند. در این مقاله، اثر دوده در مقادیر کم (۲۰ phr) بررسی شده است. وجود یک کائوچوی مصنوعی با گرانروی مونی کمتر می تواند باعث بهبود جریان یابی گرانرو آمیزه الاستومری و در نهایت ایجاد اتصالات چسبی کارا تر شود [۳]. از این رو، به منظور انتخاب کائوچوی مناسب و نیز دستیابی به درصد مناسبی از آلیاژسازی با کائوچوی طبیعی مطالعات حاضر تکمیل شده است.

جدول ۲- مشخصات کائوچوهای مصرفی.

مشخصات	گرانروی مونی (۱+۴) ML	چگالی (g/cm ^۳)
کائوچوی طبیعی ۲۰-SMR	۹۰/۴۵	۰/۹۲
کائوچوی استیرن بوتادی ان ۱۵۰۲-SBR (۲۳/۵ درصد استیرن)	۵۲	۰/۹۴
کائوچوی بوتادی ان ۱۲۲۰-BR، (۹۶ درصد ۱، ۴ سیس بوتادی ان)	۵۱	۰/۹۱

تجربی

مواد و دستگاهها

در این پژوهش، از دوده و کائوچوی طبیعی با مشخصات مندرج در جدولهای ۱ و ۲ استفاده شده است. همچنین، بنبوری آزمایشگاهی ساخت Farel مدل BR، غلتک آزمایشگاهی از نوع ۲۰۰ L Schwabenthan Polymix و پرسهای آزمایشگاهی ۲۵ و ۱۰۰ تنی ساخت Bucher مدل ۱۰۰ KHL بکار گرفته شده است.

روشها

برای بررسی اثر دوده و کائوچوی مصنوعی بر کیفیت چسبندگی آمیزه گام بالشتک، آمیزه منجید پایه بر اساس ترکیب مشابه با یک نمونه معمولی منجید از مراجع معتبر لاستیک [۶] مطابق با جدول ۳ انتخاب و

جدول ۴ - آمیزه های گام بالشتک.

اجزای آمیزه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
NR	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۸۰	۶۰
BR	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰	۴۰	۰	۰
SBR	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰	۴۰
ZnO	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
استئاریک اسید	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
N ۳۳۰	۰	۰	۰	۰	۲۰	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸
N ۶۶۰	۰	۰	۰	۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
N ۷۷۲ (SRF)	۴۰	۳۰	۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
H.A.Oil	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
رزین کومارون	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
HS	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
CBS	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
گوگرد	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵

آزمایشگاهی ۲۵ تنی تهیه شده است.

در تهیه نمونه ها برای آزمون چسبندگی، سطح آمیزه منجمد پایه پس از خراش دادن یکنواخت با کاغذ سنباده، شستشو با حلال هپتان و خشک کردن در دمای محیط، برای چسباندن گام بالشتک به آن آماده شد. نمونه های آزمون خستگی نیز فقط از آمیزه گام بالشتک تهیه شد. شرایط تهیه نمونه ها برای آزمونهای چسبندگی، خستگی و جهندگی به قرار زیر بود:

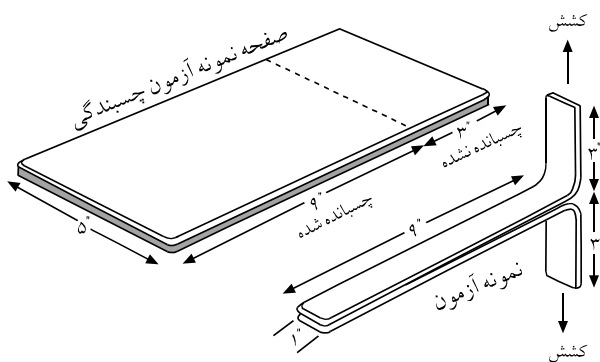
دما 150°C ، زمان t_{95} و نیرو به ترتیب ۳۱ ton برای آزمون چسبندگی و ۲۱ ton برای آزمونهای خستگی و جهندگی.

به وسیله بنبوری آزمایشگاهی با ضریب پرشدگی متوسط برابر ۰/۷، دمای اولیه 25°C و سرعت ۴۰ rpm تهیه شد. پس از خروج آمیزه از بنبوری نمونه به کمک غلتک آزمایشگاهی تا رسیدن به گرانیروی مونی متوسط برابر ۲۲/۷۵ واحد مونی به مدت ۵ min تحت عمل فروشکنی قرار گرفت ($\text{rpm} = 7$, nip = 15 mm).

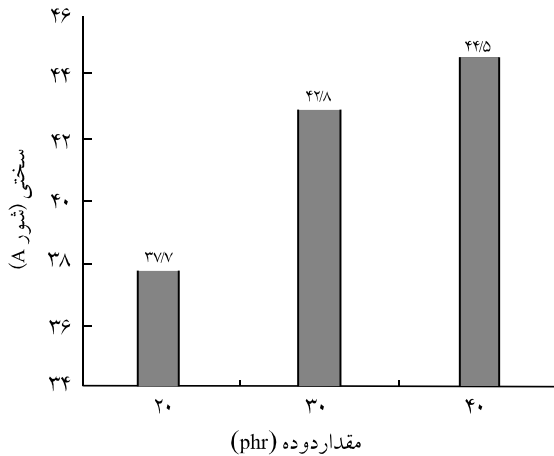
آمیزه های گام بالشتک (جدول ۴) نیز در شرایط یکسان به کمک بنبوری آزمایشگاهی و غلتک یاد شده تهیه شدند. چگونگی افزودن اجزا در تهیه آمیزه های گام بالشتک در جدول ۵ آمده است. در بررسی اثر دوده، این ماده به همراه سیستم پخت روی غلتک و در بررسی اثر کائوچوی مصنوعی، جزء متغیر کائوچو به همراه سیستم پخت روی غلتک افزوده شده است. نمونه های آزمون چسبندگی به کمک پرس ۱۰۰ تنی و نمونه های آزمونهای خستگی و جهندگی نیز به وسیله پرس

جدول ۵ - چگونگی افزودن اجزا در تهیه آمیزه های گام بالشتک.

ترتیب افزودن اجزا	زمان (s)
کائوچو	۰
روی اکسید، استئاریک اسید، روغن و نیمی از دوده	۶۰
بقیه دوده و سایر مواد	۱۴۰
تخلیه	۴۸۰



شکل ۱ - ابعاد نمونه تهیه شده برای آزمون چسبندگی [۷].



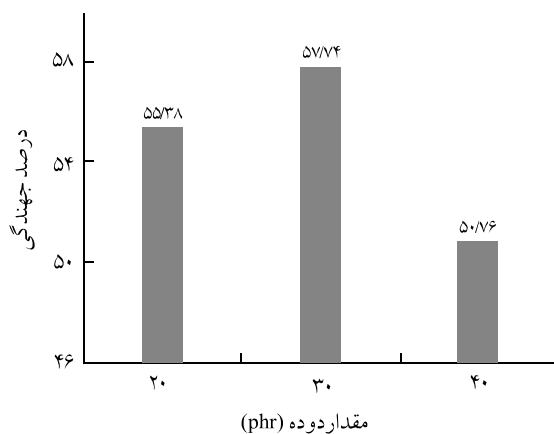
شکل ۳- اثر مقدار دوده بر سختی آمیزه گام بالشتک.

چسبندگی لایه زیرین به عنوان جزء ثابت در آزمونها و از آمیزه منجید پایه تهیه گردیده است (جدول ۳).

نتایج و بحث

اثر مقدار دوده

از آمیزه‌های گام بالشتک ۱، ۲ و ۳ آزمونهای یاد شده بعمل آمد. مشاهده شد که با افزایش مقدار دوده، که با افزایش رسانایی گرمایی آمیزه نیز همراه است، سرعت پخت افزایش می‌یابد. به همین ترتیب، سختی نیز به دلیل تقویت بیشتر آمیزه به وسیله دوده افزایش پیدا می‌کند. تغییرات جهندگی منظم نبوده، اما استحکام چسبندگی در صورت افزایش دوده از ۲۰ تا ۴۰ phr به میزان قابل توجهی (حدود ۱/۲) کاهش می‌یابد. افزایش مقدار دوده به مقادیری بیش از ۳۰ phr به دلیل اتصالات چسبی و



شکل ۴- اثر مقدار دوده بر میزان جهندگی آمیزه گام بالشتک.

جدول ۶- اطلاعات رئومتر و شکست چسبندگی مربوط به میزان دوده (SRF).

مقدار دوده (phr)			خواص
۴۰	۳۰	۲۰	
۵/۱۱	۲/۵	۴/۶۳	t_5 (min)
۱۷/۸۸	۱۵/۳۷	۱۶/۲۲	t_{95} (min)
۴۱/۴	۴۳/۰	۴۶/۳	M_{max} (lb _f in)

آزمونهای انجام شده روی نمونه‌های تهیه شده به شرح زیر است:

- استحکام چسبندگی [۷].

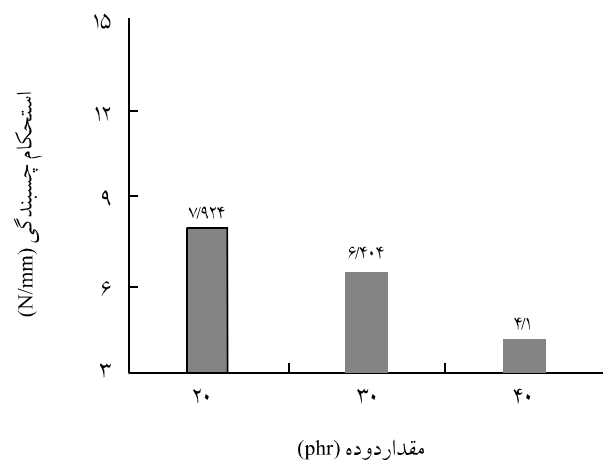
- سنجش مقاومت رشد ترک یا عمر خستگی [۸].

- جهندگی [۹].

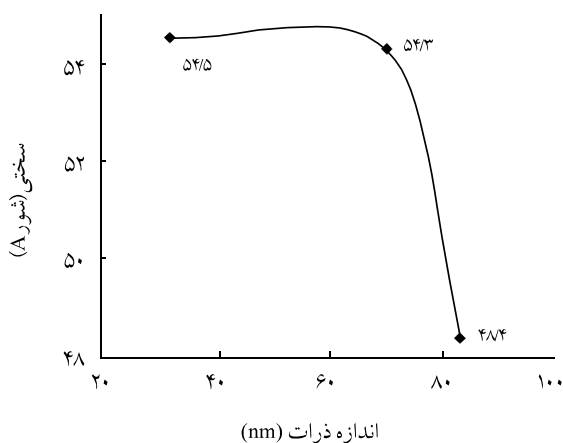
- سختی [۱۰] و

- رئومتري یا بررسی رفتار پخت [۱۱].

در آزمونهای بعمل آمده استحکام چسبندگی به صورت حاصل تقسیم میانگین حداکثر نیروهای لازم برای جدایی نمونه‌ها بر عرض مقطع نوار بر حسب Nmm^{-1} ، عمر خستگی به شکل میانگین هندسی اعداد حاصل از آزمون، درصد جهندگی به شکل یک عدد که بیانگر درصد بازگشت انرژی حاصل از فرود یک وزنه مشخص روی سطح لاستیک است و نتایج آزمون رئومتري شامل t_5 زمان ایمنی برشتگی، t_{95} زمان پخت بهینه آمیزه الاستومری و M_{max} حداکثر گشتاور مربوط به دیسک نوسانگر دستگاه گزارش شده است. در شکل ۱ مشخصات مربوط به نمونه‌های تهیه شده برای آزمون چسبندگی ارائه شده است. در آزمون



شکل ۲- اثر مقدار دوده بر استحکام چسبندگی آمیزه گام بالشتک به سطح منجید پایه.

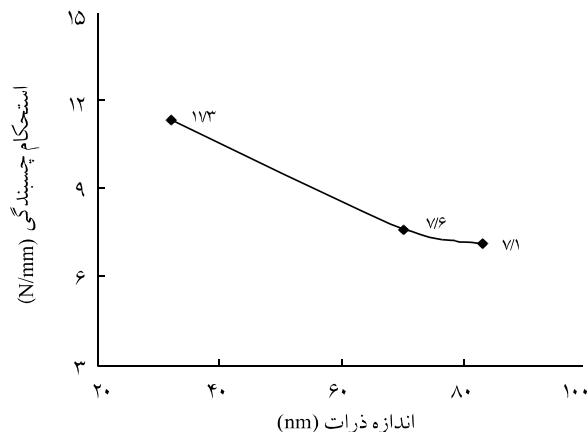


شکل ۶- اثر نوع دوده بر سختی آمیزه گام بالشتک.

اندازه دوده استحکام چسبندگی کاهش می یابد (شکل ۴) که این اثر با کاهش سختی و سرعت پخت نیز همراه است. با توجه به نتایج حاصل چنین می توان گفت که برای دستیابی به استحکام چسبندگی زیاد (در ۲۰ phr دوده) دوده ای با اندازه ذرات کوچکتر لازم است. چنین دوده ای باعث ایجاد آمیزه ای با جهندگی و مقاومت رشد ترک بیشتر نیز می شود (جدول ۷ و شکل های ۶ تا ۸).

اثر آلیاژ سازی با کائوچوی مصنوعی

با توجه به چسبندگی عالی در کائوچوی NR و قیمت بالاتر آن نسبت به کائوچوی مصنوعی و همچنین آمیزه سازی برخی از اجزای تایر به شکل آلیاژی که ضرورت مشابهت آمیزه ها را مطرح می کند، اثر آلیاژ سازی کائوچوی طبیعی با دو کائوچوی مصنوعی BR و SBR در دو نسبت مختلف ۸۰/۲۰ و ۶۰/۴۰ بررسی شد. با توجه به گرانی مونی کمتر دو کائوچوی یاد شده نسبت به کائوچوی NR (جدول ۲) وجود آنها در آمیزه به شکل آلیاژ می تواند باعث بهبود و تسهیل فرایند و جریان یابی گرانی و آمیزه نهایی شود [۱۲].



شکل ۵- اثر نوع دوده بر استحکام چسبندگی آمیزه گام بالشتک به سطح منجید پایه.

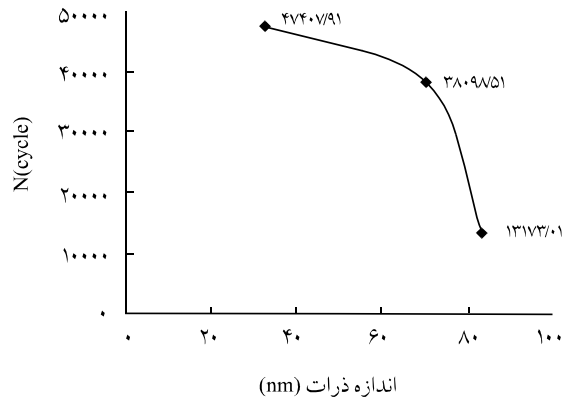
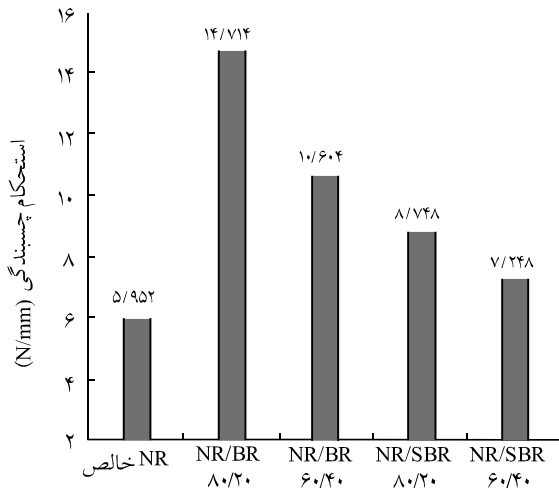
تضعیف نفوذ اجزا در سطح مشترک باعث کاهش چشمگیر در استحکام چسبندگی می شود. در مقادیر زیاد که میزان دوده در آمیزه از حد سیرشدگی فراتر می رود این کاهش شدیدتر است (جدول ۶ و شکل های ۲ تا ۴).

اثر نوع دوده

با افزایش اندازه ذرات دوده، سطح تماس آن با زنجیرهای پلیمر کم شده و نقش تقویت کنندگی دوده کاهش می یابد [۴]. همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود اثر این تغییرات در دوده بر استحکام چسبندگی به صورت افزایش چسبندگی است که این اثر به دلیل افزایش سطح تماس زنجیرهای پلیمر در سطح مشترک است [۴]. البته، این موضوع به مقدار دوده نیز بسیار وابسته است. هر چه مقدار دوده در آمیزه بیشتر می شود، استحکام چسبندگی با افزایش اندازه و کاهش سطح تماس دوده بهبود می یابد. در این گزارش، اندازه ذرات در مقادیر کمتر دوده یعنی ۲۰ phr بررسی شده است. آمیزه های ۳، ۴ و ۵ تحت آزمونهای رئومتر سختی، جهندگی، خستگی و استحکام قرار گرفتند. ملاحظه شد که با افزایش

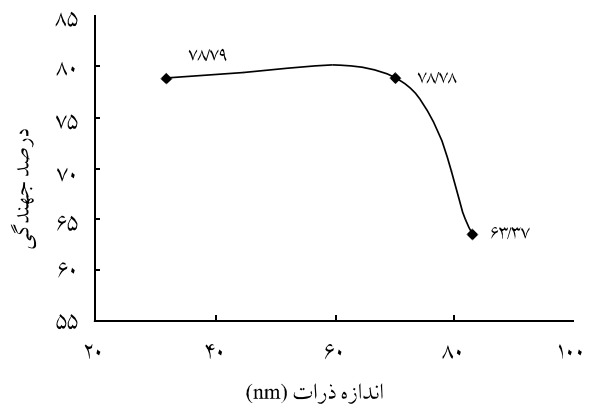
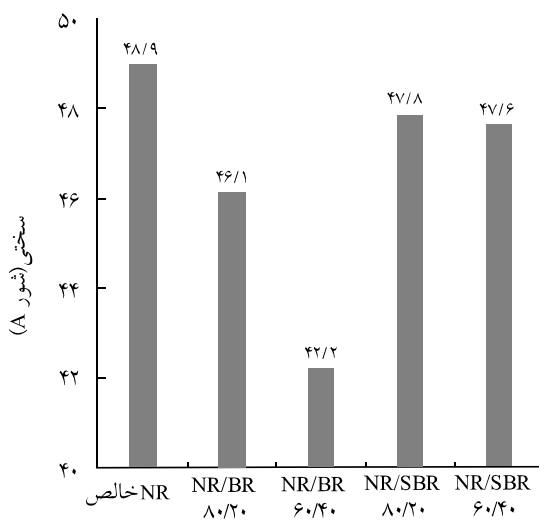
جدول ۷- داده های رئومتر سختی و شکست در آمیزه های ۳ تا ۵.

نوع شکست	نوع دوده	اندازه ذرات (nm)	t_{50} (min)	t_{95} (min)	M_{max} (lb/in)
همچسبی - چسبندگی	N ۳۳۰	۳۲	۲/۷۶	۱۲/۳۵	۵۸/۰
چسبندگی	N ۶۶۰	۷۰	۳/۱۸	۱۲/۰۸	۵۵/۸
چسبندگی	SRF	۸۳	۲/۱۶	۱۵/۸۲	۵۰/۷



شکل ۷- اثر نوع دوده بر میزان عمر خستگی آمیزه گام بالشتک.

شکل ۹- اثر نسبت آلیاژسازی بر استحکام چسبندگی آمیزه گام بالشتک به سطح منجید پایه.



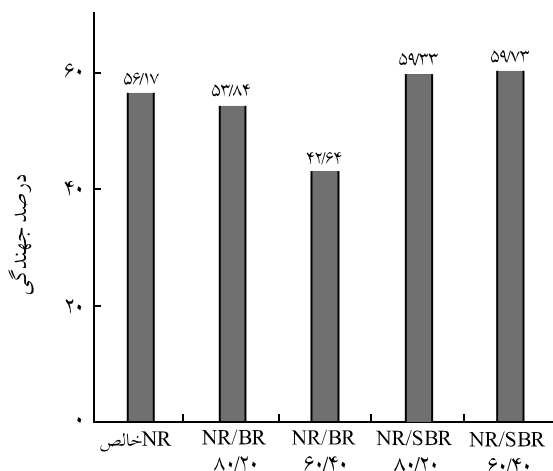
شکل ۸- اثر نوع دوده بر میزان جهندگی آمیزه گام بالشتک.

شکل ۱۰- اثر نسبت آلیاژسازی بر سختی آمیزه گام بالشتک.

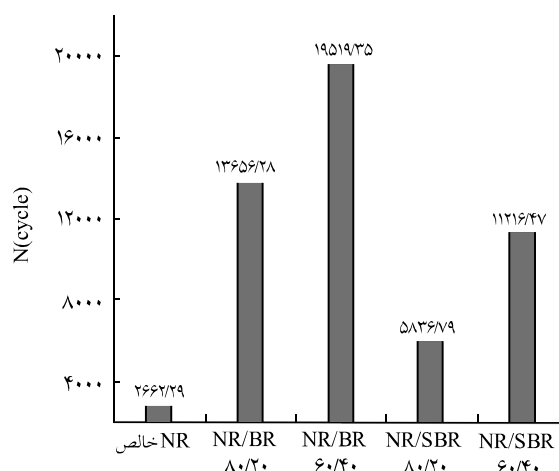
کاربرد کائوچوی SBR به دلیل اثر نامطلوب بر خواص چسبندگی آمیزه [۱۳، ۱] و نیز گرمادهی که باعث جدایی لایه‌ای می‌شود [۱۴] در اجزای داخلی تایر مورد توجه قرار نمی‌گیرد. با این دیدگاه آمیزه‌های ۳ و ۸ تا ۱۱ در شرایط یکسان تهیه شده و از نظر خواص چسبندگی، رئومتر، سختی، جهندگی و خستگی باهم مقایسه شدند. (جدول ۸ و

جدول ۸- داده‌های رئومتر و شکست مربوط به اثر آلیاژسازی.

NR/SBR		NR/BR		NR خالص	خواص
60/40	80/20	60/40	80/20		
چسبندگی	چسبندگی	همچسبی - چسبندگی		چسبندگی	نوع شکست
3/94	3/81	0/17	2/71	3/35	t_D (min)
18/73	18/02	20/97	19/61	17/26	t_{95} (min)
38/8	38/4	38/3	41/3	39/2	M_{max} (lbf/in)



شکل ۱۲ - اثر نسبت آلیاژسازی بر میزان چسبندگی آمیزه گام بالشتک.



شکل ۱۱ - اثر نسبت آلیاژسازی بر عمر خستگی آمیزه گام بالشتک.

برابر با کاهش چشمگیر گرمادهی آمیزه گزارش شده است [۱۵].

شکل‌های ۹ تا ۱۲).

افزودن کائوچوی مصنوعی به آمیزه گام بالشتک در هر دو مورد سرعت پخت را کاهش داد. در مقادیر آلیاژسازی به میزان ۲۰phr از کائوچوهای مصنوعی SBR و BR ویژگی سختی تغییرات زیادی نداشت. جهندگی با کاربرد کائوچوی SBR افزایش و با کائوچوی BR کاهش یافت. با افزودن کائوچوهای BR و SBR مقاومت رشد ترک و استحکام چسبندگی افزایش یافت. در مورد آمیزه ۷، این اثر در حد بسیار مطلوبی بود. با توجه به جدول ۸، میزان پیوندهای عرضی ایجاد شده در این آمیزه نیز بیش از سایر آمیزه‌هاست [۱۱].

نکته قابل توجه در مورد اثر کائوچوی BR با نسبت NR/BR برابر ۸۰/۲۰ آن است که با این کار گرمادهی آمیزه نیز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. در چنین آمیزه‌ای افزایش استتاریک اسید تا میزان سه

نتیجه گیری

- با افزایش اندازه ذرات، استحکام چسبندگی و مقاومت رشد ترک آمیزه گام بالشتک کاهش می‌یابد.

- با افزایش مقدار دوده (SRF) در آمیزه به بیش از ۳۰phr استحکام چسبندگی کاهش زیادی پیدا می‌کند.

- بکارگیری کائوچوی مصنوعی BR در آمیزه گام بالشتک باعث افزایش استحکام چسبندگی بالشتک به منجید می‌شود که این موضوع با افزایش مشابهت و سازگاری گام بالشتک با آج نیز همراه خواهد بود.

مراجع

- MRPRA, Tire Retreads - Cushion Gum Formulation for Precured Tread, *NR Technol.*, 7, 50-56, 1976.
- Bakshshandeh G.R. and Soltananejad M.A., Study on the Adhesion of Cushion Gum to Carcass in Retreated Tire, *Iran. J. Polym. Sci. Tech. (Persian ed.)*, 13, 217-225, 2001.
- Gerspacher M. and Farrell C.P., Energy at the Interface, *Tire Technol. Int.*, 43-49, June 1999.
- Phee C.K., Factors Which Influence Autohesion of Elastomers, *Rubber Chem. Technol.*, 54, 101-106, 1981.
- Carbon Black Products (in Persian)*, Iran Carbon Black Co. Catalog.
- Morton M., *Rubber Technology*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 173, 1973.
- Annual Book of ASTM Standards, D1876 - 93, 9, N1, 105, 1995.
- Ibid, D4482 - 85, 654.
- Ibid, D1054 - 91, 193.
- Ibid, D2240 - 91, 400.
- Ibid, D2084.
- Hamed G.R., Tack and Green Strength of Elastomeric Materials, *Rubber Chem. Technol.*, 54, 576-579, 1981.
- Baker C.S.L., Factors Affecting Polymer Choice in Truck Tyre

- Retreading, *Development of NR Based Truck Tyre Retreading Compound*, 7, RAPRA Technology, 7-10.
14. *Dictionary of Rubber Industry*, Rubber Industries Engineering and Research Co., Samar, Tehran, Iran, 1993.
15. Kuriakose B., Effect of High Temperature Vulcanization on the Physical Properties of Precured Retread Compounds, *Rubber Develop.*, **46**, 23-26, 1993.