

چکیده:

هدف از این پژوهش جایگزینی روغن کرچک با نرم‌کننده‌های جدید به منظور افزایش عمر مفید بلادرهای پخت و در نتیجه صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه و زمان تعویض بلادرها می‌باشد. بلادرها در مرحله‌ی نهایی تولید تایر تحت دما و فشار بالا کار می‌کنند و نیاز به مقاومت در برابر خمش‌های مکرر، حرارت و فشار بالا و توانایی جداسازی آسان را دارند. به همین منظور، این مقاله به بررسی مزایا و معایب روغن کرچک در بلادرهای پخت تایر، مکانیسم عملکرد پلاستی‌سایزهای واکنش‌پذیر و تأثیر Struktol HT 815 بر بهبود عملکرد بلادر می‌پردازد. علاوه بر این، نتایج حاصل از آزمون‌های آزمایشگاهی و تحلیل‌های مقایسه‌ای نشان می‌دهد که استفاده از افزودنی‌های نوین می‌تواند موجب بهبود خواص مکانیکی، افزایش پایداری حرارتی، کاهش ضایعات تولید و ارتقای کیفیت فرآیند گردد. با توجه به نیاز صنعت تایر به مواد با کارایی بالاتر و دوام بهتر، توسعه‌ی این فناوری می‌تواند گامی مهم در جهت بهینه‌سازی فرآیند تولید تایر و افزایش بهره‌وری کلی صنعت باشد.

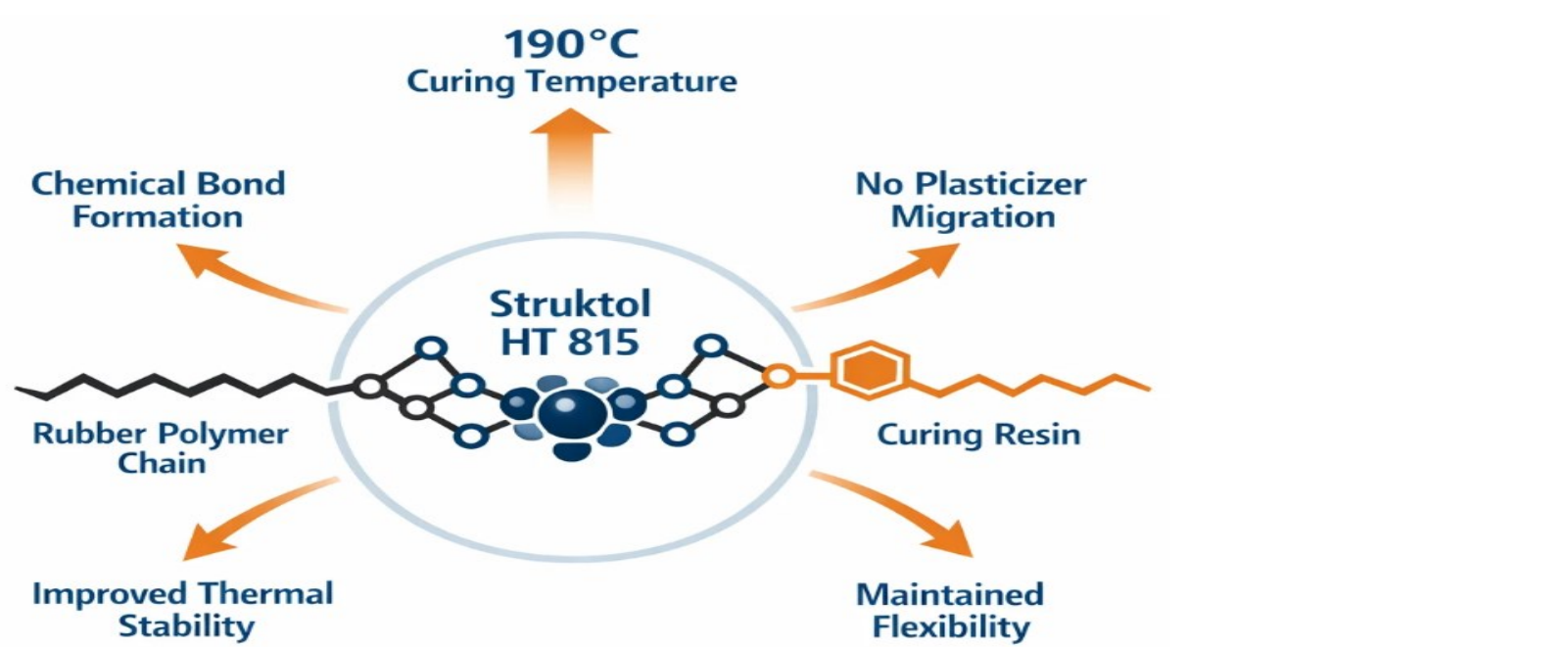
واژه های کلیدی: کارکرد بلادر ، استراکتول HT815، روغن کرچک،کانوچوی بیوتیل

محور مقاله: مواد اولیه و آمیزه کاری

مقدمه: عملکرد بهینه ی بلادرها مستلزم انعطاف پذیری بالا، مقاومت در برابر چرخه های مکرر تورم و تخلیه، حرارت و فشار بالا ، همچنین جدایی راحت از سطح داخلی تایر پس از اتمام پخت، می باشد. بیش از ۶۰ سال است که روغن کرچک به عنوان نرم‌کننده اصلی در بلادرهای پخت تایر استفاده شده است. این روغن جایگزین روغن‌های معدنی شده و به دلیل سازگاری محدود با لاستیک بیوتیل، عمر مفید بلادرها را افزایش داده و جدا شدن تایر از بلادر را بهبود می‌بخشد.[1] امروزه روغن کرچک بیشتر به عنوان یک نرم کننده در آمیزه ی بلادر نظر گرفته می شود تا یک عامل جدایی داخلی. زیرا پیشرفت فناوری های پوشش دهی سطحی، موجب افزایش تعداد چرخه های پخت بلادر شده است، با این حال، یکی از چالش‌های اصلی این ماده، فراریت بالا و تبخیر در دمای پخت است که به مرور زمان منجر به کاهش انعطاف‌پذیری بلادر و در نهایت کاهش عمر کاری آن می‌شود. تولیدکنندگان بلادر و شرکت های تایرسازی علاقه ی زیادی به افزایش طول عمر بلادر ها دارند تا صرفه جویی قابل توجهی در هزینه ها حاصل شود. افزایش عمر مفید وکارکرد بلادر حتی به میزان ۱۰ یا ۲۰ درصد، به دلیل کاهش زمان توقف تولید و تعداد بلادرهای مورد استفاده در فرآیند تولید تایر، فرصت های صرفه جویی چشمگیری را فراهم می کند.

برای رفع این مشکل، پلاستی سایزهای واکنش‌پذیر (Reactive Plasticizers) به‌عنوان جایگزین‌های پیشرفته مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این مواد با اتصال شیمیایی به شبکه ی لاستیکی، از تبخیر در طول فرآیند پخت جلوگیری کرده و در نتیجه عمر سرویس بلادر را افزایش می‌دهند. در فرمولاسیون‌های بلادرهای پخت تایر که از رزین برای ولکانیزاسیون استفاده می‌شود، پلاستی سایزهای واکنش‌پذیر با رزین پیوند تشکیل داده و به ماتریس بیوتیل متصل می‌شوند. این امر نه‌تنها از مهاجرت و تبخیر ماده جلوگیری می‌کند، بلکه پایداری حرارتی و مقاومت در برابر چرخه‌های مکرر انبساط و انقباض را بهبود می‌بخشد.

در این راستا،Struktol HT 815به‌عنوان پلاستی سایزهای پلیمری واکنش‌پذیر با طول زنجیره های کوتاه طراحی شده است تا محدودیت‌های روغن کرچک را برطرف کند. مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از این پلاستی سایزها نه‌تنها مانع کاهش انعطاف‌پذیری بلادر پس از پخت و aging حرارتی می‌شود، بلکه طول عمر بلادر را نیز به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد و در نهایت به صرفه‌جویی اقتصادی در خط تولید تایر کمک می کند.



بخش تجربی

مواد مصرفی: مواد اولیه ی مورد استفاده برای تولید کامپاند مستر عبارتند از: کانوچوی بیوتیل رابر(BK-1675 N) شرکت Nizhnekamsk Nefttekhim،روسیه، کانوچوی کلروپرن (DCR213) شرکت Shanxi Huojia Changhuaچین، کربن بلاک (دوده) با گرید N330 شرکت سیمرغ، روغن کرچک شرکت Pacific Commodities ههند، استراکتول MS۴۰ و استراکتول HT815 شرکت Scheill&Seilacherآلمان، استتاریک اسید شرکت Palm-oleo SDN.BHD(KLK) شرکت Antilux 644) Rhein Chemie آلمان و درکامپاند فاینال اکسیدروی شکوهیه و رزین SP1045 شرکتSI GROUPچین استفاده شد که در جدول شماره(۱) آمده است.

جدول ۱-فرمولاسیون آمیزه ها بر حسب *Phr

نمونه۳	نمونه ۲	نمونه ۱	مواد
100	100	100	Butyl Rubber(BK-1675 N)
6	6	6	Neoperene
55	55	55	Carbon black(N-330)
1.8	1.8	1.8	Stearic acid
2.5	2.5	2.5	Microcrystallin Wax(Antilux 644)
2.5	2.5	2.5	Struktol 40 MS
0	4	6	Castor oil
6	2	0	Struktol HT815
5	5	5	Zno
10	10	10	Resin SP 1045

افزایش کارکرد و عمر مفید بلادرهای پخت تایر سواری با حذف روغن

مهدی کفراشی- زهرا کریمی کاشی - یدالله فهیمی- محمدرضا مستوری

رئیس تکنیکال بخش مواد و آمیزه -کارشناس تکنیکال- رئیس آزمایشگاه تکنیکال - رئیس تکنیکال(شرکت یزد تایر)

آزمون رئومتر:

(MDR) با استفاده از رئومتر پخت آلفا تکنولوژی mdr2000ساخت کشور آمریکا بر اساس ASTM D 5289 دردمای ۱۹۰ به منظور تعیین زمان پخت، زمان ایمنی پخت و حالت پخت انجام می شود و هدف توجیه اقتصادی واکنش پخت در کوتاه ترین زمان ممکن است، که نتایج این آزمون در جدول شماره (۲)که شامل زمان برشتگی آمیزه (t5،ts2،ts1)، زمان پخت (t10، t50،t90)، مونی(ML1+4)، اختلاف گشتاور بیشینه و کمینه(MH-ML) وشاخص سرعت پخت (CRI) می باشد، آورده شده است. شاخص سرعت پخت نشان دهنده ی این اختلاف و در واقع معیاری از ماهیت سرعت پخت آمیزه های لاستیکی است که بر اساس معادله (۱) به دست می آید.پخت آمیزه ها در یک پرس الکتریکی در دمای ۱۹۰درجه ی سانتی گراد با توجه به منحنی رئومتر آمیزه ها انجام گرفت.

نمونه۳	نمونه ۲	نمونه ۱	پارامتر کنترلی
2.17	1.89	1.75	ML (dNm)
7.63	8.72	8.84	MH (dNm)
2:15	2:17	2:01	ts1 (mm:ss)
3:41	3:36	3:09	ts2 (mm:ss)
1:18	1:29	1:38	T10 (mm:ss)
5:39	5:47	5:25	T50 (mm:ss)
24:17	22:23	21:02	t90 (mm:ss)
48	42	36	t5(min) 138 °C
73.1	68.1	68.7	mv (ML1+4) 100 °C
4.7	5.2	5.5	CRI
5.46	6.83	7.09	MH-ML (Delta Torque)

آزمون اندازه گیری سختی آمیزه ها بعد از پخت با دستگاه سختی سنخ دیجیتال Mon Tech Hardness Tester 3000HT، آزمون خستگی با دستگاه DE MATTIAساخت IRC ژاپن مطابق با استاندارد ۴۳۰ ASTM D ، آزمون مانایی فشاری مطابق با استاندارد ۲۹۵ ASTM D و آزمون کشش نمونه های آمیزه مطابق با استاندارد 412 ASTM D با استفاده از دستگاه آزمون کشش شرکت سنتام با اعمال نیروی ثابت ۵۰۰ نیوتن در سرعت ثابت ۵۰۰ میلی متردر دقیقه به انجام رسیده و نتایج در جدول شماره (۳) آورده شده است.

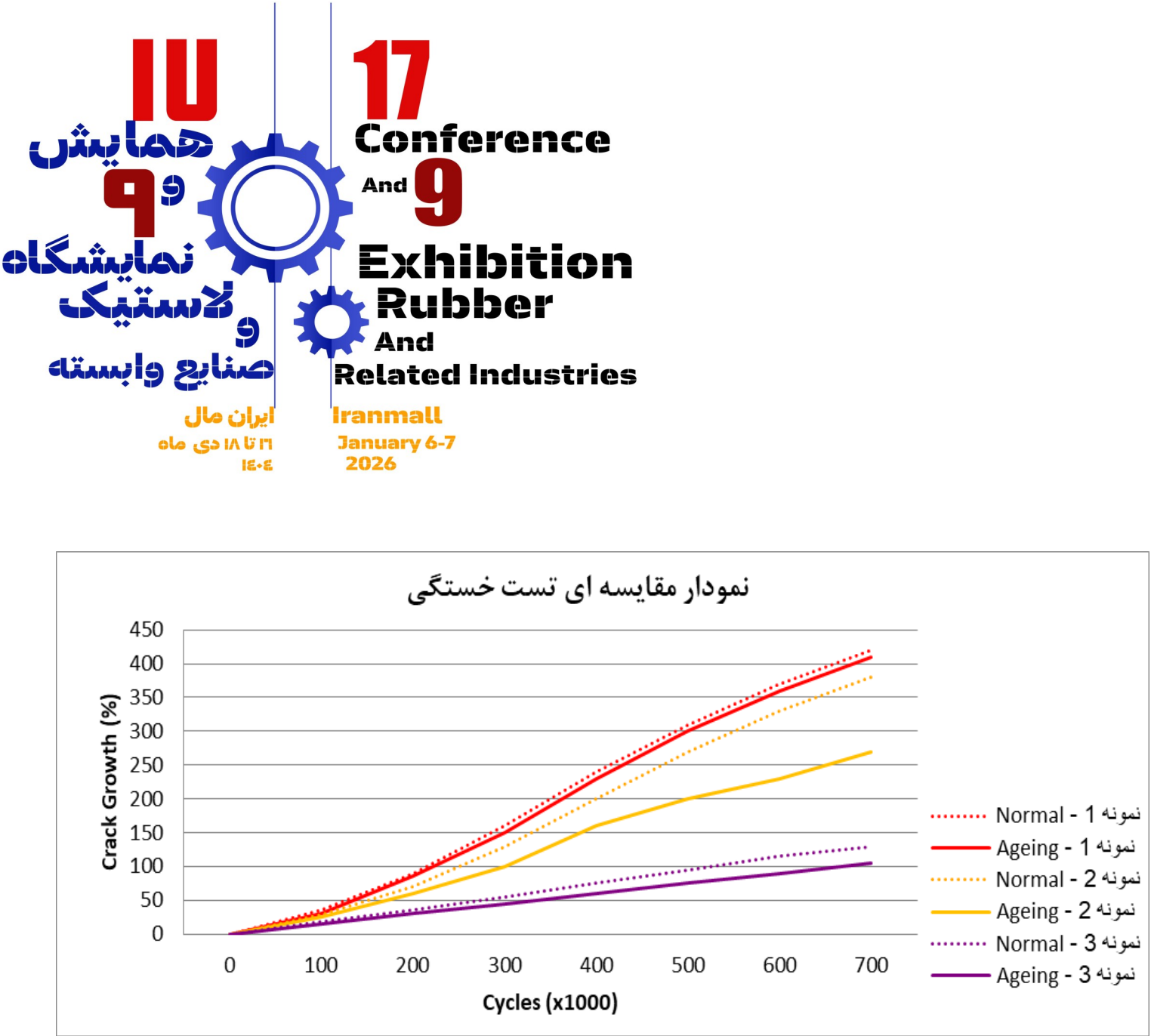
با توجه به داده های جدول (۲) مقادیر t5 با افزایش میزان استراکتول HT815افزایش یافته که می‌تواند نشانه‌ای از کندتر شدن فرآیند پخت یا افزایش زمان شروع واکنش‌های اتصال عرضی باشد. مقادیر گشتاور دلتا(TorqueDelta) ، که معرف میزان پخت و استحکام شبکه الاستومری است، با توجه به میزان پلاستی‌سایزر به‌کاررفته متفاوت است. با اضافه کردن استراکتول HT815، گشتاور دلتا نیز کاهش پیدا کند زیرا در طول فرآیند پخت، این پلاستی سایزرها با رزین پخت واکنش داده و بخشی از گروه‌های فعال رزین را مصرف می‌کنند. این واکنش متقابل باعث می‌شود تا تعداد پیوندهای عرضی مؤثر کاهش یابد. بر اساس داده‌های ارائه‌شده در جدول (۳)، به‌وضوح مشاهده می‌شود که مقدار گشتاور دلتا با خواص فیزیکی نهایی ترکیبات در ارتباط است.نکته ی قابل‌توجه این است که کاهش در مدول الاستیسیته می‌تواند نشان‌دهنده بهبود در عملکرد خستگی خمشی باشد، که در شکل (۱)به‌خوبی قابل مشاهده است. که با افزودن استراکتول HT815 کاهش چشمگیر رشد ترک حتی بعد از Ageing مشاهده شده است. نمونه ی شماره (۱)که حاوی روغن کرچک است، بیشترین آسیب را ازageing دیده است. هر سه نمونه پس از ageingافت عملکرد داشتند، اما شدت آن ها متفاوت بوده است.

با توجه به نمودارها ، نمونه ی شماره (۲)حاوی مخلوطی از روغن کرچک و استراکتول HT815 بالاترین عملکرد را از نظر مانایی فشاری و کششی نشان داده و از این نظر بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد.

نمونه ی شماره (۳)که حاوی نرم‌کننده واکنشی استراکتول HT815 است، کمترین افزایش سختی را نشان می‌دهد. این موضوع نشان‌دهنده کارکرد مؤثر این نرم‌کننده‌ها در جلوگیری از افزایش بیش از حد سختی پس از ageingمی‌باشد، که به دلیل اتصال عرضی و کاهش تبخیر نرم‌کننده است، همچنین عملکرد مکانیکی بهتری پس از ageing نشان داده است که نشان می دهد استفاده از نرم‌کننده‌های واکنشی باعث بهبود پایداری حرارتی، حفظ خواص انعطاف‌پذیری و مقاومت بهتر در برابر خستگی می‌شود.

جدول ۳ : نتایج خواص فیزیکی آمیزه ها

تغییرات	ageing			عادی			خواص
نمونه۳	نمونه۲	نمونه۱	نمونه۳	نمونه۲	نمونه۱	نمونه ۱	
+ 10	+ 12	+ 15	71	74	79	62	64
+ 9.8	+ 3.6	+ 4.2	123	144	124	139	119
- 15.2	- 19.1	- 23.2	574	558	503	690	655
+ 32.1	+ 60.6	+ 53.1	37	48.2	49	30	32
-	-	-	-	-	-	56	53
+ 14.3	- 5.1	- 9.3	49.4	42.6	41.5	44.9	45.8
-	-	-	-	-	-	34	38



شکل ۱: نمودار مقایسه ای تست خستگی آمیزه ها

افزایش سختی پس از ageing در تمامی نمونه‌ها مشاهده می‌شود. با این حال، نمونه ی شماره (۳)که حاوی استراکتول HT815 است کمترین افزایش سختی را نشان داده است(+10%). این موضوع با مطالب قبلی مبنی بر کاهش تبخیر نرم‌کننده‌های واکنشی و در نتیجه جلوگیری از سخت‌شدن بیش از حد ترکیب، همخوانی دارد.

هر سه نمونه افزایش اندکی در استحکام کششی داشته‌اند، اما بیشترین درصد افزایش مربوط به نمونه ی شماره (۳) است (+9.8%) که نشان‌دهنده ی پایداری ساختاری شبکه ی پلیمری در حضور نرم‌کننده‌های واکنشی می‌باشد.

کاهش ازدیاد طول در هر سه نمونه مشاهده می‌شود که طبیعی است؛ زیرا ageing معمولاً انعطاف‌پذیری را کاهش می‌دهد. اما افت در نمونه ی شماره(۳) نسبت به نمونه‌های دیگر کمتر است (فقط ۲.۲٪) که حاکی از حفظ بهتر انعطاف‌پذیری به دلیل کاهش تبخیر نرم کننده ها است.

افزایش مدول به معنای افزایش سفتی است. نمونه ی شماره (۳) کمترین افزایش مدول را تجربه کرده که با کاهش سختی هم‌راستا است. این نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری و خمش‌پذیری بهتر پس از ageingمی‌باشد. نکته مهم اینجاست که نمونه ی شماره (۳) برخلاف دو نمونه دیگر، افزایش قابل توجهی در مقاومت به پارگی داشته است(+14.3%). این امر تأییدکننده ی نقش مهم نرم‌کننده‌های واکنشی در حفظ یکپارچگی مکانیکی در برابر ترک و پارگی است.

اگرچه داده‌ای پس ageing از برای مانایی فشاری ارائه نشده، ولی مقدار اولیه ی نمونه ی شماره(۳) اندکی بالاتر است. تحلیل نهایی در این خصوص نیازمند داده های تکمیلی است که می تواند در تحقیقات بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

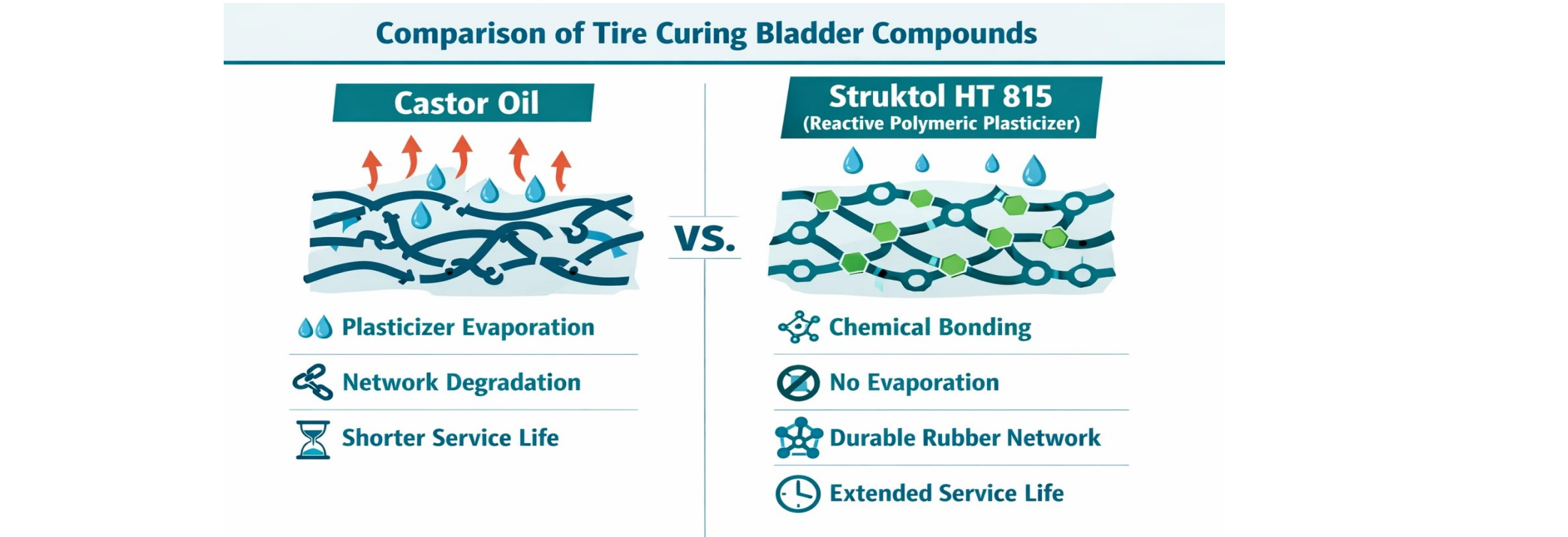
بحث و نتیجه گیری:

نتایج حاصل از این مقاله نشان می‌دهد که استفاده از نرم‌کننده‌های واکنشی مانند استراکتول HT 815 باعث بهبود رفتار مکانیکی ترکیبات لاستیکی در برابر ageing حرارتی می‌شود. مهم‌ترین دستاوردها عبارت‌اند از:

۱)کاهش افزایش سختی و سفتی پس از ageing ، ۲) حفظ بهتر انعطاف‌پذیری(Elongation)

۳)بهبود یا حفظ مقاومت به پارگی و ۴)کاهش تبخیر نرم‌کننده‌ها و افزایش طول عمر آمیزه ها

بنابراین، این دسته از افزودنی‌ها می‌توانند به عنوان جایگزین بسیار مناسبی برای نرم‌کننده‌های معمولی مانند روغن کرچک در فرمولاسیون بلادرهای پخت تایر مورد استفاده قرار گیرند.



مراجع:

1-Goodyear Tire & Rubber Co. (1962). Method of curing butyl rubber in the presence of an oil (U.S. Patent No. 3,031,423). Filed December 29, 1958; issued April 24, 1962.
2-Fu, Q., Tan, J., Wang, F., & Zhu, X. (2020). Study on the synthesis of castor oil-based plasticizer and the properties of plasticized nitrile rubber. Polymers, 12(11), 2584.
Boerger, V., Clarke, C., & Geidel, C. (2020, October 20-22). New Struktol 3-plasticizers for an improved service-life of tire curing bladders. Presented at the 198th Technical Meeting of the Rubber Division, ACS, Knoxville, TN. Schill+Seilacher "Struktol" GmbH. ISSN: 1547-1977.
4-Boerger, V. (2019). How to extend the life of curing bladders Tire Technology International.

