

# بکارگیری اکسید روی فعال شده (Active Zinc Oxide) در آمیزه ترد تایر سبز

سیدعلی حسینی مهر<sup>1</sup>، غلامرضا بخشنده<sup>2</sup>

1. کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و توسعه شرکت تولیدی لاستیک دنا

2. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

a.hoseinimehr@gmail.com

چکیده:

این پروژه اختصاص به بکارگیری اکسید روی فعال شده (Active Zinc Oxide) در آمیزه ترد تایر سبز دارد. در این پژوهش خواص فیزیکی-مکانیکی و رئولوژیکی آمیزه الاستومری با نسبت الاستومری SBR(100Phr) و درصدهای مختلف وزنی اکسید روی فعال (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج رئومتری نشان داد با افزایش درصد اکسید روی فعال زمان ایمنی (t<sub>5</sub>) و زمان پخت (t<sub>90</sub>) افزایش و سرعت پخت کاهش یافت. همچنین با افزایش درصد اکسید روی فعال خواص فیزیکی، مکانیکی آمیزه های تهیه شده افزایش یافت. با بررسی نتایج آزمون رئولوژیکی و فیزیکی-مکانیکی، مدول الاستیک و استحکام کششی، سختی و مقاومت سایشی افزایش پیدا کرد. استفاده از اکسید روی فعال با کمترین مقدار در آمیزه ترد تایر سبز، علاوه بر کم کردن هزینه های تولید و صرفه جویی در هزینه ها، به دلیل کاهش ضایعاتی که محیط زیست را آلوده می سازد، حفاظت خوبی برای محیط زیست ایجاد می کند.

**واژگان کلیدی:** اکسید روی فعال شده (Active Zinc Oxide)، تایر سبز، آمیزه ترد

**محور مقاله:** طراحی آمیزه های لاستیکی با هدف تولید تایرهای نسل جدید

**مقدمه:**

عنصر روی با علامت شیمیایی Zn، هفدهمین عنصر موجود در کره زمین است و در جانداران، نقش حیاتی در رشد، تولید مثل، قوه ادراک و ایمنی بدن ایفا می کند اما همچنان که کمبود این عنصر برای این موجودات خطرناک است مازاد آن نیز در طبیعت با تداخل سوء در چرخه های حیات، مشکل آفرین خواهد بود. این مشکل، سازمان بهداشت جهانی را بر آن داشته که از چند سال پیش، تاکید بر حفظ تناسب این عنصر در فعالیتهای بشر داشته باشد.

در هر یک از آمیزه های تایر، یکی از اجزای اساسی و غیر قابل حذف، اکسید روی می باشد که متأسفانه عنصر روی در زمان کارکرد تایر و بخصوص به دلیل سایش تدریجی ترد آن، در برخورد با آبهای سطحی، به شکل محلول از آن جدا و وارد محیط زیست می شود. در واقع، اهمیت توجه به میزان روی آزاد شده از تایرها بدان سبب است که بیش از 75٪ از تولید سالانه 1.200.000 تنی اکسید روی در دنیا در صنعت تایر به مصرف می رسد. در هر تایر، اکسیدهای بی خطر فلزی همچون اکسید منیزیم و اکسید کلسیم که در این بین اکسید منیزیم به دلیل نزدیکی به اکسید روی از نظر تاثیرگذاری بر روی پخت لاستیک بیشتر مورد توجه قرار گرفته است اما اشکال اکسید منیزیم، افت کیفی پخت و در نتیجه کاهش کارکرد تایر می باشد. تلفیق این دو روش، راه حل سومی نیز بدست آمده بدین صورت که از ترکیب اکسید منیزیم و اکسید روی، به صورت همزمان و هر دو در مقیاس نانو استفاده شود که این روش هنوز در ابتدای راه است. در روش عملی تری که تعدادی از شرکتهای تیرسازی تراز اول به کار گرفته اند با فرض سنتی بودن مقدار اکسیدروی، با انجام تغییراتی در اجزای دیگر آمیزه ها، مقدار این ماده به کمترین حد ممکن تنزل داده شده است. شواهدی در دست است که اکنون از این روش عملاً در بعضی از خطوط تیرسازی استفاده می شود.

اکسید روی فعال در مقایسه با اکسید روی معمولی از وزن مخصوص کمتر، سطح تماس بیشتر و ناخالصی های مضر کمتری برخوردار است. همچنین اکسید روی فعال به دلیل مقدار ناخالصی بسیار کم (درجه خلوص بالا)، از مسمومیت سامانه پخت جلوگیری می کند. در این پژوهش اثر اکسید روی فعال بر روی ترد تایر سبز، خواص فیزیکی-مکانیکی و رئولوژیکی آمیزه و نیز صرفه جویی در هزینه های انبارش و تاثیر محصول بر محیط زیست بررسی شد.

**بخش تجربی:**

**مواد:** الاستومر SBR1712 با نام شیمیایی استایرن بوتادین رابر ساخت ایران، اکسید روی معمولی مورد استفاده (ZnO) ساخت ایران، اکسید روی فعال (Active ZnO) ساخت شرکت BAYER آلمان طبق مشخصات جدول شماره (1) تهیه شد. از آنجا که هدف این مطالعه بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه نهایی بود، مواد و افزودنی هایی که به طور معمول برای پخت آمیزه به آن اضافه می شود، تهیه شد.

**دستگاههای اندازه گیری آزمون:** تهیه آمیزه ها با استفاده از رول میل آزمایشگاهی دو غلتکی (Roll Mill) انجام گرفت، جهت تعیین مشخصات پخت آمیزه ها از رئومتر MDR 2000 مطابق استاندارد D2084 در دمای 185 درجه سانتی گراد استفاده شد. دستگاههای آزمون خواص فیزیکی، مکانیکی شامل آزمون استحکام کششی از دستگاه کشش استفاده شد برای اندازه گیری میزان جهندگی از دستگاه رزیلیانس و برای تست سایش از دستگاه Abrasion، برای انجام تست سختی از دستگاه سختی سنج در مقیاس Shore A استفاده شد.

**تهیه نمونه:** برای تهیه آمیزه ابتدا کائوچوی SBR1712 به مدت حدود 5 دقیقه در دمای 35-45 درجه سانتی گراد بین دو غلتک دستگاه رول میل ورزیده و نرم گردید. سپس به مستر تهیه شده، بر روی رول میل آزمایشگاهی به آمیزه شاهد اکسید روی معمولی و به آمیزه های آزمایشی ذرات اکسید روی فعال به همراه استتاریک اسید و عوامل پخت اضافه شد. آمیزه ها در هفت گروه طبق جدول (1) تهیه گردید. آمیزه تهیه شده در ستون R به عنوان نمونه شاهد گرفته شد که در آن اکسید روی معمولی مورد مصرف شد.

جدول (1). نوع و مقادیر استفاده شده در تهیه آمیزه

T6 (Phr)	T5 (Phr)	T4 (Phr)	T3 (Phr)	T2 (Phr)	T1 (Phr)	R (Phr)	Material
100	100	100	100	100	100	100	SBR1712
2	2	2	2	2	2	2	St.Acid
-	-	-	-	-	-	3	ZnO
3	2.5	2	1.5	1	0.5	-	Active ZnO
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	CBS
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	S

#### نتایج و بحث :

اکسید روی فعال در مقایسه با اکسید روی معمولی از وزن مخصوص کمتر، سطح تماس بیشتر و ناخالصی های مضر کمتری برخوردار است. شکل (1)

اکسید روی فعال به دلیل مقدار ناخالصی بسیار کم (درجه خلوص بالا)، از مسمومیت سامانه پخت جلوگیری می کند. با توجه به اندازه ذرات ریز آن، چرخه پراکنش سامانه پخت آمیزه ترد تیر سبز کوتاهتر می شود و درجه شبکه ای شدن آن را بهبود می بخشد و موجب بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی می شود.

**آزمون ویسکومتری:** با توجه به کاهش ناخالصیها و در نتیجه کم شدن مسمومیت سامانه پخت ناشی از آن، ویسکوزیته در حالت کلی افزایش یافت به دلیل اینکه دانسیته اتصالات عرضی زیاد شد. کاتیونهای موجود در ذرات اکسیدروی فعال باعث افزایش دانسیته اتصالات عرضی و ایجاد کمپلکس فعال در سیستم پخت شده و سرعت پخت کاهش پیدا کرد. اطلاعات حاصل از آزمون ویسکوزیته در جدول (2) نشان داده شده است.

جدول (2). تغییرات مونی ویسکوزیته برای آمیزه های مختلف

T6	T5	T4	T3	T2	T1	R	MV(100oc)
64.1	63.4	62.8	62.1	59.9	58	62	

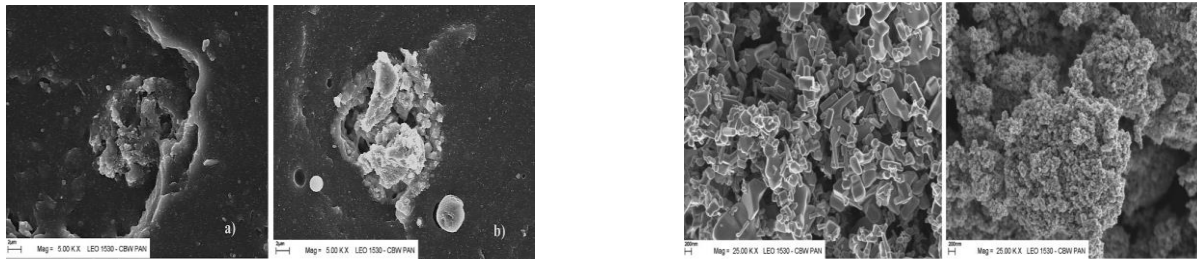
**آزمون رئومتر:** زمان پخت این دستگاه 4 دقیقه می باشد. با توجه به کاهش ناخالصیها و در نتیجه کم شدن مسمومیت سامانه پخت ناشی از آن، با افزایش درصد اکسید روی فعال زمان ایمنی (t<sub>5</sub>) و زمان پخت بهینه (t<sub>90</sub>) افزایش و سرعت پخت کاهش یافت. این افزایش ناشی از جذب سطحی عوامل پخت است. اطلاعات حاصل از آزمون رئومتر در جدول (3) نشان داده شده است.

جدول (3). تغییرات زمان ایمنی (بر حسب دقیقه) و زمان پخت (بر حسب دقیقه) برای آمیزه های مختلف

T6	T5	T4	T3	T2	T1	R	
15.59	15.33	15.08	14.54	14.40	13.25	10.32	t <sub>5</sub>
2.18	2.16	2.10	2.03	1.88	1.60	1.72	t <sub>90</sub>

**پراکندگی در آمیزه (SEM):** ذرات اکسید روی در ماتریس الاستومر آمیزه، بسیار ضعیف پراکنده می شوند و بنابراین توزیع همگنی ندارند. حضور ناخالصی موجود در اکسید روی موجب تضعیف برهم کنش سطحی با لاستیک در آمیزه است. اکسید روی فعال

در اندازه های میکرو، ساختارهای پیچیده آگلومره که توسط یک فیلم الاستومر احاطه شده اند، ایجاد می کنند. می توان فرض کرد که اکسید روی فعال در ماتریس الاستومر با وجود پراکندگی ضعیف منجر به خواص مکانیکی خوب می شود. شکل (2)



شکل (2). تصاویر SEM پراکندگی در آمیزه الاستومری.

شکل (1). تصاویر SEM از اکسیدروی معمولی (چپ)

اکسیدروی معمولی (a) و اکسیدروی فعال (b)

و اکسید روی فعال (راست)

**آزمون سایش:** در دمای محیط بر روی نمونه های مخصوص تست سایش که توسط دستگاه Abrasion آماده شده، انجام شده است. مقاومت سایشی بیان کننده مقاومت یک جسم در برابر جدا شدن اجزای آن از سطح به وسیله نیروی مکانیکی-سایشی است. نتایج نشان داد با افزایش میزان اکسید روی فعال مقاومت در برابر سایش افزایش یافت. این اثر به دلیل نفوذ ذرات به درون ماتریس پلیمری و برهم کنش مناسب با فاز الاستومر و افزایش دانسیته اتصالات عرضی می باشد. اطلاعات حاصل از آزمون سایش در جدول (4) نشان داده شده است.

جدول (4). نتایج آزمون سایش برای آمیزه های مختلف

T6	T5	T4	T3	T2	T1	R	Abrasion
8	7.6	6.9	6	5.1	4.6	5.9	

**آزمون سختی:** این آزمایش در دمای محیط بر روی نمونه های مخصوص تست سختی از یک ورق پخت شده در قالب تحت فشار به ضخامت 2 میلی متر انجام شده است.

این اثر به دلیل نفوذ ذرات به درون ماتریس پلیمری و افزایش دانسیته اتصالات عرضی با اضافه کردن عوامل پخت می باشد. اطلاعات حاصل از آزمون سختی در جدول (5) نشان داده شده است.

جدول (5). نتایج آزمون سختی برای آمیزه های مختلف

T6	T5	T4	T3	T2	T1	R	Hardness(shoreA)
62	62	61	60	56	52	60	

**آزمون کشش:** این آزمایش در دمای محیط بر روی نمونه های دمبلی شکل مخصوص انجام شده است. این نمونه ها از یک ورق پخت شده در قالب تحت فشار به ضخامت 2 میلی متر با کاتر بریده شده است. سرعت کشش برابر 500 mm/min است. تمام آزمایشات بر روی سه نمونه انجام شده و مقدار میانگین آن گزارش شده است. این اثر تا حد بسیار زیادی به وضعیت پخت آنها و چگالی اتصالات عرضی آنها بستگی دارد و در نتایج زیر به دست آمد که با افزایش اکسید روی فعال خواص کششی افزایش یافت. اطلاعات حاصل از آزمون کشش در جدول (6) نشان داده شده است.

جدول (6). نتایج خواص کششی برای آمیزه های مختلف

T6	T5	T4	T3	T2	T1	R	Elong%
7.25	7	6.75	6.5	5.75	5.25	6.5	
226	213	212.6	210.9	200	196	209	Tensile.St (Kg/cm)

**آزمون Tear:** این آزمایش در دو مرحله Tear قبل از زمان مندی و Tear بعد از زمان مندی انجام گرفت. آزمون مرحله اول بر روی نمونه های مخصوص آزمون Tear قبل از زمان مندی در دمای محیط انجام شده است. این نمونه ها از یک ورق پخت شده در قالب تحت فشار به ضخامت 2 میلی متر با کاتر بریده شده است. سرعت کشش برابر 500 mm/min است. در آزمون Tear بعد از زمان مندی نمونه ها در آن در دمای 70 درجه سانتی گراد به مدت 24 ساعت قرار گرفت و سپس جهت تکمیل مرحل آزمون به مدت 3 ساعت در دمای محیط قرار داده شد و سپس آزمون Tear بعد از زمان مندی بر روی آنها انجام شد. تمام آزمایشات بر روی سه نمونه انجام شده و مقدار میانگین آن گزارش شده است.

اکسید روی فعال به دلیل وزن مخصوص کمتر و اندازه ریزتر ذرات (دانسیته اتصالات عرضی بیشتر) و ناخالصی های مضر کمتر که از مسمومیت سامانه پخت جلوگیری می کند، باعث بهبود در نتایج آزمون Tear شده است. اطلاعات حاصل از آزمون Tear در جدول (7) نشان داده شده است.

جدول (7). نتایج آزمون Tear قبل از Aging و بعد از Aging برای آمیزه های مختلف

T6	T5	T4	T3	T2	T1	R	
4.19	4.19	4.16	3.56	3.4	3	3.53	Before Aging
4.56	4.50	4.49	4.45	4.36	4.23	4.46	After Aging

**آزمون خستگی:** مقاومت در برابر خستگی مساوی است با تعداد سیکل‌های یک تنش دینامیکی مشخص که نمونه توانایی دارد بدون شکست یا پاره شدن، آن را تحمل کند. مقاومت در برابر خستگی به عوامل محیطی مثل دما، اکسیژن و تغییر شکل شیمیایی مثل کریستاله شدن و مقدار قابل توجهی به دانسیته اتصالات عرضی و نوع این پیوندها بستگی دارد. اطلاعات حاصل از آزمون خستگی در جدول (8) نشان داده شده است.

جدول (8). نتایج آزمون خستگی برای آمیزه های مختلف

T6	T5	T4	T3	T2	T1	R	
83000	83000	82000	79000	69000	65000	80000	Fatigue

**تأثیر در محیط زیست:** اکسید روی بعد از ایفای نقش خود در ایجاد کمپلکس پخت در جسم محصول به شکل دست نخورده باقی می ماند و لذا حین مصرف محصول با توجه به ساییدگی سطح، وارد محیط زیست می شود و در اثر بارندگی وارد روان آبها و نهایتاً به احتمالی وارد مزارع محصولات کشاورزی می گردد که انسان از آن محصولات استفاده می کند. با توجه به ناخالصیهای موجود در اکسید روی که همگی سمی هستند، هرچه میزان مصرف اکسید روی بیشتر باشد این روند با شدت بیشتری در زندگی انسانها موثر خواهد بود. لذا استفاده از اکسید روی فعال با توجه به اینکه به مقدار کمتر مورد مصرف قرار می گیرد و ناخالصی آن نیز کمتر است، نتیجتاً ناخالصیهای مضر به چرخه زندگی کمتر وارد می شود و اثر سوء آن در محیط زیست کمتر خواهد شد.

**کاهش هزینه های انبارداری:** استفاده از اکسید روی فعال با کمترین مقدار در آمیزه ترد تایر سبز، علاوه بر کم کردن هزینه های تولید و صرفه جویی در هزینه ها، به دلیل کاهش ضایعاتی که محیط زیست را آلوده می سازد، حفاظت خوبی برای محیط زیست ایجاد می کند.

### نتیجه گیری:

با توجه به نتایج مطالعات و آزمون های انجام شده در این پروژه می توان چنین نتیجه گیری کرد که اکسید روی فعال به دلیل وزن مخصوص کمتر و اندازه ریزتر ذرات (دانسیته اتصالات عرضی بیشتر) و ناخالصی های مضر کمتر که از مسمومیت سامانه پخت جلوگیری می کند، به مقدار حدوداً نصف اکسید روی معمولی به عنوان فعال کننده در سامانه پخت ترد تایر سبز به کار گرفته می شود. استفاده از اکسید روی فعال با کمترین مقدار در آمیزه ترد تایر سبز، باعث بهبود نسبی خواص فیزیکی و مکانیکی ترد تایر که مهمترین بخش تماس تایر با طبیعت می باشد، می شود. مدول الاستیک و استحکام کششی افزایش یافت. مقاومت سایشی افزایش پیدا کرد. به طور کلی بهترین نتایج در این پروژه میزان افزایش به مقدار نصف اکسید روی معمولی می باشد. استفاده از اکسید روی فعال، با توجه به اینکه به مقدار کمتر نسبت به اکسید روی معمولی، مورد مصرف قرار می گیرد و ناخالصی آن نیز کمتر است، نتیجتاً ناخالصیهای مضر به سامانه چرخه زندگی کمتر وارد می شود و اثر سوء آن در محیط زیست کمتر خواهد شد.

### مراجع:

1. مقدمه ای بر مبانی آمیزه کاری و تکنولوژی لاستیک، شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک، چاپ نخست مهرماه 75
2. Effect of Zinc Oxide Nanoparticles as Cure Activator on the Properties of Natural Rubber and Nitrile Rubber Suchismita Sahoo, Madhuchhanda Maiti, Anirban Ganguly, Jinu Jacob George, Anil K. Bhowmick . Rubber Technology Centre, Indian Institute of Technology, Kharagpur, 721 302, India Received 17 September 2006; accepted 8 February 2007
3. Harry F. Bader, Vice-President, Latex Services, AkronRubber Development Laboratory, ALTO! ., USA, and a world authority on lotat, answers questions and doubts of readers on latex and latex products. Send your questions to: 'The Latex Doctor Rubber Asia, Dhanam House, Cochin - 682 020.