

کاربرد پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی برای سافت لاستیک

محمدمحسن آزادی^{*}، مهرداد کریمی^۲ و ممدامین آزادی^۱

(۱) دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، mh.azadi_g@yahoo.com

(۲) گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

(*) عهده‌دار مکاتبات

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۵؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ۸۸/۱۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۱

چکیده

حدود ۱۵۲ واحد سنگبری در منطقه‌ی نیریز در حال فعالیت می‌باشند، که تمامی این واحدها سنگ چینی نیریز را برش می‌دهند. به‌طور تقریبی، هر واحد روزانه، در حدود ۱۰ تن پودر سنگ (کربنات کلسیم) ضایعاتی حاصل از برش، تولید می‌کند. در این تحقیق، پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی (به‌عنوان پرکننده) به همراه دیگر مواد اولیه‌ی داخلی، برای ساخت لاستیک مورد استفاده قرار گرفته است. به‌همین منظور از روش فلورسانس اشعه‌ی ایکس، جهت آنالیز شیمیایی و از دستگاه آنالیز اندازه‌ی ذرات، روش تفرق اشعه‌ی لیزر، جهت تعیین دانه‌بندی پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی استفاده گردید. سپس فرمولاسیون‌های مناسبی طبق ترکیب شیمیایی مواد اولیه در نظر گرفته شد. پس از مخلوط کردن مواد اولیه و شکل‌دهی توسط روش پرس، نمونه‌های لاستیک حاصل در دماهای مختلف پخته شد و مهمترین خواص آن‌ها پس از اندازه‌گیری، با لاستیک استاندارد مقایسه گردید. در این راستا، خواص فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های حاصل، مانند سختی، مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حد پارگی و مدول ۳۰۰ درصد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، که نمونه‌های لاستیک ساخته شده توسط پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی، با لاستیک استاندارد که در کارخانه‌ی لاستیک‌سازی دنا ساخته می‌شود، خصوصیات نزدیک و شبیه به یکدیگر دارند. از این جهت پودرهای ضایعاتی با دانه‌بندی متوسط ۱/۹۲۵-۰/۵۳۳ میکرون، میانگین قطر معادل طولی و سطحی به ترتیب ۰/۶۶۸ و ۱/۴۲۴ میکرون، درجه‌ی خلوص میانگین ۹۸/۸ درصد، رطوبت ۰/۱۴ درصد و تطابقی که با استاندارد کربنات کلسیم مورد استفاده در لاستیک دارند، به آسانی می‌توانند به‌عنوان یک پرکننده‌ی مناسب و ارزان قیمت در ساخت لاستیک و قطعات لاستیکی، مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: سنگ چینی نیریز، کربنات کلسیم، آنالیز شیمیایی، دانه‌بندی، پرکننده، لاستیک.

۱- مقدمه

(1997). استفاده از نانوکربنات کلسیم در تهیه‌ی نانوکامپوزیت الاستومرها از جمله (Synthetic Botadine Rubber, SBR) (لاستیک بوتادین مصنوعی) مقاوم، به‌عنوان مواد پایه در لاستیک، سبب بهبود برخی خواص، از جمله افزایش دمای اشتعال و استحکام مکانیکی بالا می‌شود و دلیل اصلی آن، حذف مقدار زیادی از دوده است (Liu & Xu 2008, Ansarifar et al. 2009, Kamal et al, 2009). به‌طوری‌که افزودن حدود ۳ تا ۵ درصد نانوکربنات کلسیم می‌تواند، استحکام مکانیکی معادل ۴۰ تا ۴۵ درصد دوده را ایجاد کند و به‌همین دلیل چگالی لاستیک به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد (Rkabdar و همکاران ۱۳۸۷، Bréchet et al. 2001, Lazzeri et al.

کربنات کلسیم به دلایل فراوانی و قیمت ارزان، به‌عنوان پرکننده، مصرف گسترده‌ای را در صنایع لاستیک و پلاستیک دارا می‌باشد (Zhang et al. 2009). بهبود خاصیت مکانیکی، از جمله افزایش مقاومت سایشی و مقاومت پارگی، از مزایای این پرکننده در لاستیک طبیعی، مصنوعی و پلاستیک به‌شمار می‌رود (Ismail & Ruhaizat 1997, Zuiderduin et al. 2003, Poompradub et al. 2010). استفاده از این ماده‌ی معدنی موجب لطافت، صاف بودن سطح، زیبایی ظاهری و ظرافت لاستیک شده، که این امور در مرغوبیت کالا و بازارپسند بودن آن تأثیر بسزایی دارد (Higgins & Goldsmith

می‌کنند (Sahebian 2007). حجم این پودرهای ضایعاتی در طول سال بسیار زیاد است. بنابراین با انجام تحقیقات کافی و آزمایشات لازم و صرف هزینه‌های مناسب در داخل کشور، می‌توان راه‌های بهینه‌ای برای استفاده از این مواد پیدا نمود و ضمن جلوگیری از خروج ارز از کشور، کاربردشان را در صنایع مختلف مورد بحث و بررسی قرار داد. در این تحقیق، کاربرد پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی، به‌عنوان پرکننده در ساخت لاستیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۱- مشخصات کربنات کلسیم (Tilley & Richard 2001)

فرمول شیمیایی	CaCO ₃
پودر (کریستال)	جامد سفید
ساختار کریستالی	هگزاگونال و ارتورومبیک
ضریب شکست	۱/۶۵۸
دانسیته	۲/۷۹۷ g/cm ³
نقطه‌ی جوش	۸۹۹ C
نقطه‌ی ذوب	۸۲۵ C

۲- مصارف عمده کربنات کلسیم

این ماده‌ی معدنی، به‌طور عمده در صنایع لاستیک و پلاستیک، رنگ، کاغذ، شیمیایی، داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی (خمیر دندان، لاک و عطرسازی)، کشاورزی، چرم‌سازی، متالورژی، نساجی، سرامیک، چسب، شیشه، تصفیه‌ی نفت، آهن و فولاد، تصفیه‌ی قند، سیم و کابل، مرکب چاپ، لوازم‌التحریر، دینامیت و همچنین در انبارها و مخازن، گوگردزایی گاز دودکش‌ها، مرمت آثار باستانی، پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها، تهیه‌ی ضد یخ، ساخت پلیمرها و بتن‌های مقاوم، لنزهای دوربین، کامپوزیت‌ها و... کاربرد دارد (Gunter & Gerhard 2005, Kauffman et al. 1974, Strutz & Sweeney 1990).

۳- روش تمقیق

۳-۱- مواد اولیه و فرمولاسیون

با بررسی آنالیزهای شیمیایی پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی حاصل از برش سنگ‌های چینی نیریز، توسط دستگاه فلورسانس اشعه‌ی ایکس (X-Ray Fluorescence) مدل فیلیپس پی‌دبلیو (Philips pw 1480) و مطالعه‌ی دانه‌بندی این پودرها بر اساس ۳ پارامتر تعداد ذرات، قطر معادل طولی و سطحی به‌وسیله‌ی دستگاه آنالیز اندازه‌ی ذرات (Particle Size Analyzer)، مدل شیمادزو سالد (SALD [Size Analyzer (Shimadzu SALD 2101) (Dynamic Light Laser Diffraction)، روش تفرق اشعه‌ی لیزر (Scattering) تعداد ۴ نمونه پودر، به‌همراه دیگر مواد اولیه‌ی مصرفی

(Ethylene 2005, Kim et al. 2010، نانوکامپوزیت الاستومر به‌ویژه Propylene Diene Monomer, EPDM) (یک نوع لاستیک مصنوعی) پر شده با کربنات کلسیم، به‌دلیل دارا بودن ضریب عبوردهی کم نسبت به گازها به‌ویژه هوا، می‌تواند در پوشش داخلی تایر و تیوب‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Yahaya et al. 2009, Deng et al. 2009). همچنین نانوکامپوزیت‌ها از جمله الاستومرهایی هستند، که می‌توانند در آلیاژهای مختلف با ترموپلاستیک‌ها، کاربردهای وسیعی را در صنعت خودرو داشته باشند. مدول بالا، مقاومت حرارتی، پایداری ابعاد، وزن کم و مقاومت شعله، از جمله خواصی هستند که این نانوکامپوزیت پر شده با این ماده، دارا می‌باشد (Cioni & Lazzeri 2010, Leblanc 2008, Lin & Wu 2009, Price & Walsh 2005). از کربنات کلسیم طبیعی با ویژگی‌های استاندارد، مانند دانه‌بندی متوسط ۱۲۰-۳ میکرون، جذب روغن ۲۱-۹ گرم در ۱۰۰ گرم، مساحت سطح مخصوص ۲-۰/۳ متر مربع بر گرم، رطوبت ۰/۵ ≤ درصد و درجه‌ی خلوص میانگین ۹۴/۵ ≥ درصد، می‌توان به آسانی به‌عنوان یک پرکننده‌ی مناسب و ارزان‌قیمت در ترکیب لاستیک استفاده کرد (صاحبان سقی و همکاران ۱۳۸۷).

سنگ‌های چینی، سنگ‌های بلورینی (کریستالینی) هستند که طی تبلور مجدد، ناشی از دگرگونی سنگ آهک تشکیل شده‌اند و به‌طور وسیعی برای نمای دیوارها، ستون‌ها، کف‌ها، پله‌ها و سایر منظوره‌های تزئینی کاربرد دارند. از برش و پرداخت سنگ‌های چینی، پودر سنگ (کربنات کلسیم) ریز دانه‌ای حاصل می‌شود، که این پودر همراه با آبی که جهت خنک کردن تیغه‌ی برش بر روی سنگ ریخته می‌شود، شسته شده و به حوضچه‌های رسوب گل منتقل می‌شود. پس از آن‌که رسوبات حوضچه‌ها خشک شد، گل به‌وجود آمده حاصل از این پودر، سنگ‌ها را با صرف هزینه‌ای برداشت و مانند سایر ضایعات دفع می‌کنند.

بررسی‌ها نشان داده، که از ۴/۵ میلیون تن پودر کربنات کلسیم ضایعاتی که در سنگبری‌های سراسر کشور تولید می‌شود (صاحبان سقی و همکاران ۱۳۸۷)، تقریباً هیچ استفاده‌ی بهینه‌ای نمی‌شود. درحالی‌که این پودرها بسیار ریز دانه بوده و به‌عنوان پرکننده، قابلیت کاربرد در صنایع مختلف، از جمله لاستیک و پلاستیک را دارا می‌باشند (Sahebian 2007). در منطقه‌ی مورد بحث و تحقیق (شهرستان نیریز)، حدود ۱۵۲ واحد سنگبری وجود دارد (Sahebian 2007)، که تمامی این واحدها سنگ چینی سفید نیریز، به‌عنوان یکی از مرغوب‌ترین و خالص‌ترین نمونه‌های سنگ مرمر را برش می‌دهند. به‌طور متوسط هر واحد سنگبری روزانه، حدود ۱۰ تن پودر کربنات کلسیم ضایعاتی حاصل از برش، با درجه‌خلوص بسیار بالا با دانه‌بندی میکرونی تولید

۳-۲- مطالعه‌ی دانه‌بندی

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش دانه‌بندی پودرهای حاصله از برش سنگ‌های چینی توسط اشعه‌ی لیزر بر اساس پارامتر تعداد ذرات، مشخص شد، که میانگین اندازه‌ی ذرات ۰/۵۴۶ میکرون بوده و ذراتی با ابعاد ۰/۵۶۲ میکرون بیشترین فراوانی را دارند. همچنین ۵۰ درصد ذرات دارای ابعادی بالاتر از ۰/۵۳۲ میکرون و ۵۰ درصد ذرات زیر این مقدار می‌باشند. از نقطه نظر آمار درصد جمععی نشان می‌دهد، که حداقل اندازه‌ی ذرات ۰/۳۶۵ و حداکثر ۱۹/۱۱۲ میکرون است (تصویر ۱).

از نمودار به‌دست آمده در نتیجه‌ی آزمایش دانه‌بندی پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی توسط اشعه‌ی لیزر بر اساس پارامتر قطر معادل

شامل کائوچوی طبیعی، روغن، اسید استتاریک، دوده، پودر اکسید روی، شتاب‌دهنده و گوگرد برای ساخت لاستیک انتخاب گردید. در جدول ۲، ترکیب شیمیایی ۴ نمونه پودر کربنات کلسیم مصرفی ارائه شده است. به‌علت شباهت بسیار نزدیک، نتایج به‌دست آمده از آزمایش دانه‌بندی ۴ نمونه پودر ضایعاتی، در این تحقیق به مطالعه‌ی دانه‌بندی ۱ نمونه، اشاره خواهد شد. با توجه به خواص و ویژگی پودرهای مورد بررسی، چهار فرمولاسیون برای ساخت لاستیک مد نظر قرار گرفت (جدول ۳). در تمامی ترکیبات، مقادیر مواد اولیه‌ی مورد استفاده، ثابت در نظر گرفته شده است. ذکر این نکته ضروری است که در فرمولاسیون‌ها از ۴ نمونه‌ی مختلف پودر کربنات کلسیم ضایعاتی استفاده گردید.

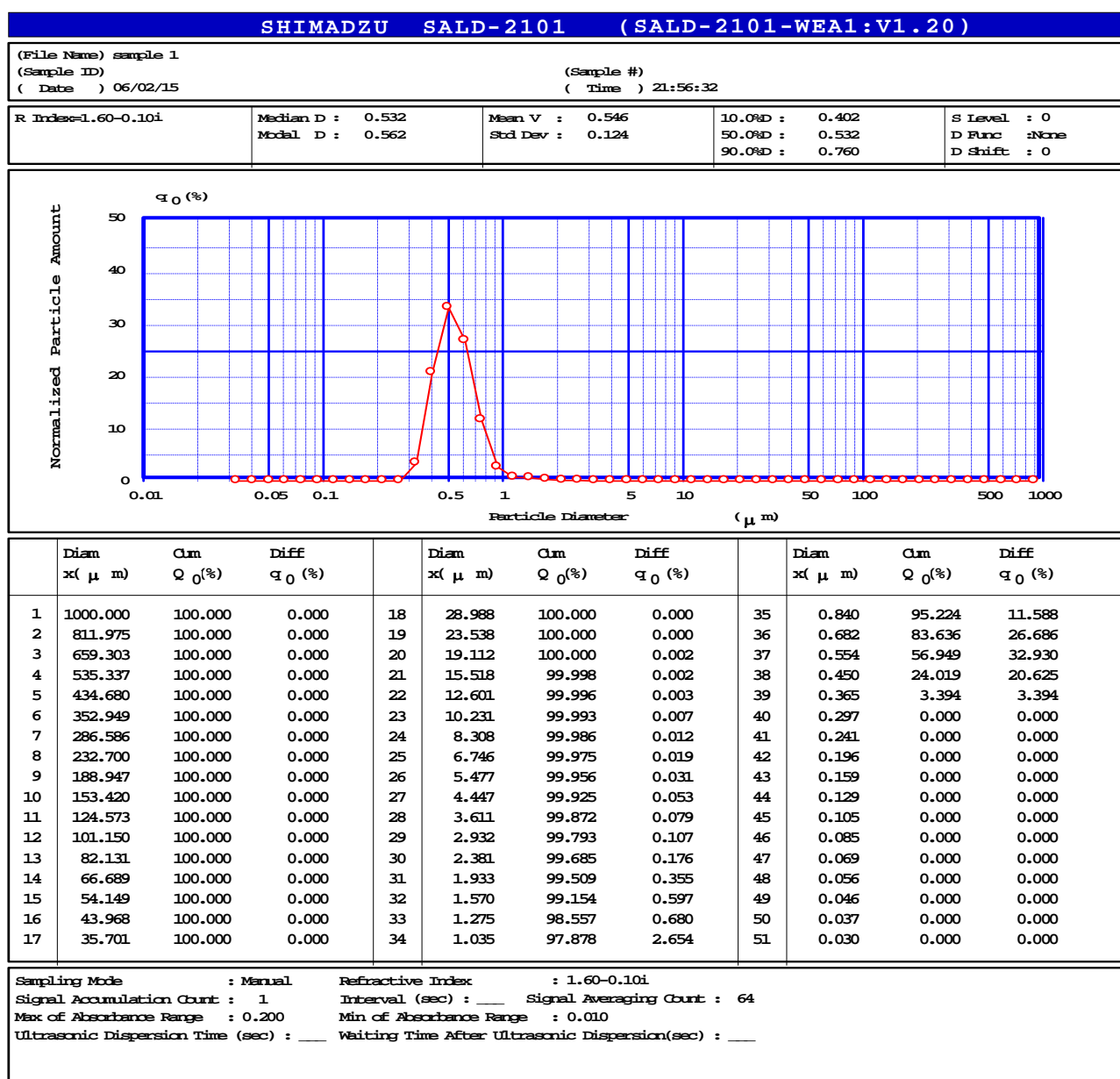
جدول ۲ - ترکیب شیمیایی ۴ نمونه پودر کربنات کلسیم مصرفی

L.O.I %	P ₂ O ₅ %	TiO ₂ %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	MnO %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	CaO %	نمونه‌ی پودر
۴۳/۸۹	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۹۵	۰/۰۰۱	۰/۱۱	۰/۶۳	۵۳/۳۸	۱
۴۳/۸۸	۰/۶۶	۰/۰۰۹	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۷۶	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۲۳	۵۴/۵۵	۲
۴۳/۶۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۷۳	۰/۰۰۱	۰/۰۸	۰/۳۴	۵۴/۴۰	۳
۴۳/۷۷	۰/۰۵۶	۰/۰۱۶	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۷	۰/۳۱	۵۴/۵۶	۴
As ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Sr ppm	Ba ppm	Cl ppm	نمونه‌ی پودر
۱۵	۱۹	۵	۶	۱۰	۳	۱۸	۲۸	۱۹۶	۱۳۳	۷۱۳۴	۱
۱۲	۱۳	۴	۴	۳	۳	۲۱	۲۸	۱۴۹	۱۳۶	۳۱۶۵	۲
۱۴	۱۵	۲	۵	۱۲	۸	۲۱	۲۶	۱۶۲	۱۰۴	۲۵۳۳	۳
۱۱	۱۶	۱	۵	۷	۷	۲۳	۳۰	۱۸۲	۱۶۱	۲۵۹۵	۴
Th ppm	U ppm	V ppm	Rb ppm	Y Ppm	Zr Ppm	Nb ppm	Mo ppm	W ppm	La ppm	نمونه‌ی پودر	
۱	۱	۱۹	۱۰	۵	۲۰	۹	۱	۱	۸	۱	
۱	۱	۱۳	۱۲	۶	۱۲	۱۱	۱	۱	۸	۲	
۱	۱	۱۳	۱۰	۵	۲۲	۳	۱	۱	۴	۳	
۱	۱	۱۵	۱۱	۶	۲۳	۹	۱	۱	۶	۴	

جدول ۳ - ترکیب مواد اولیه‌ی مورد مصرف و مقادیر استفاده شده‌ی آن‌ها برای ساخت لاستیک

مواد اولیه‌ی مصرفی (گرم)

کد نمونه	کائوچوی طبیعی (SMR 20)	روغن (Behran 840)	اسید استتاریک	دوده (N-550)	پودر اکسید روی	پودر کربنات کلسیم ضایعاتی	شتاب دهنده (MBTS)	عامل پخت (گوگرد)
۱	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/۵	۱۵ (پودر ۱)	۰/۴	۳
۲	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/۵	۱۵ (پودر ۲)	۰/۴	۳
۳	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/۵	۱۵ (پودر ۳)	۰/۴	۳
۴	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/۵	۱۵ (پودر ۴)	۰/۴	۳



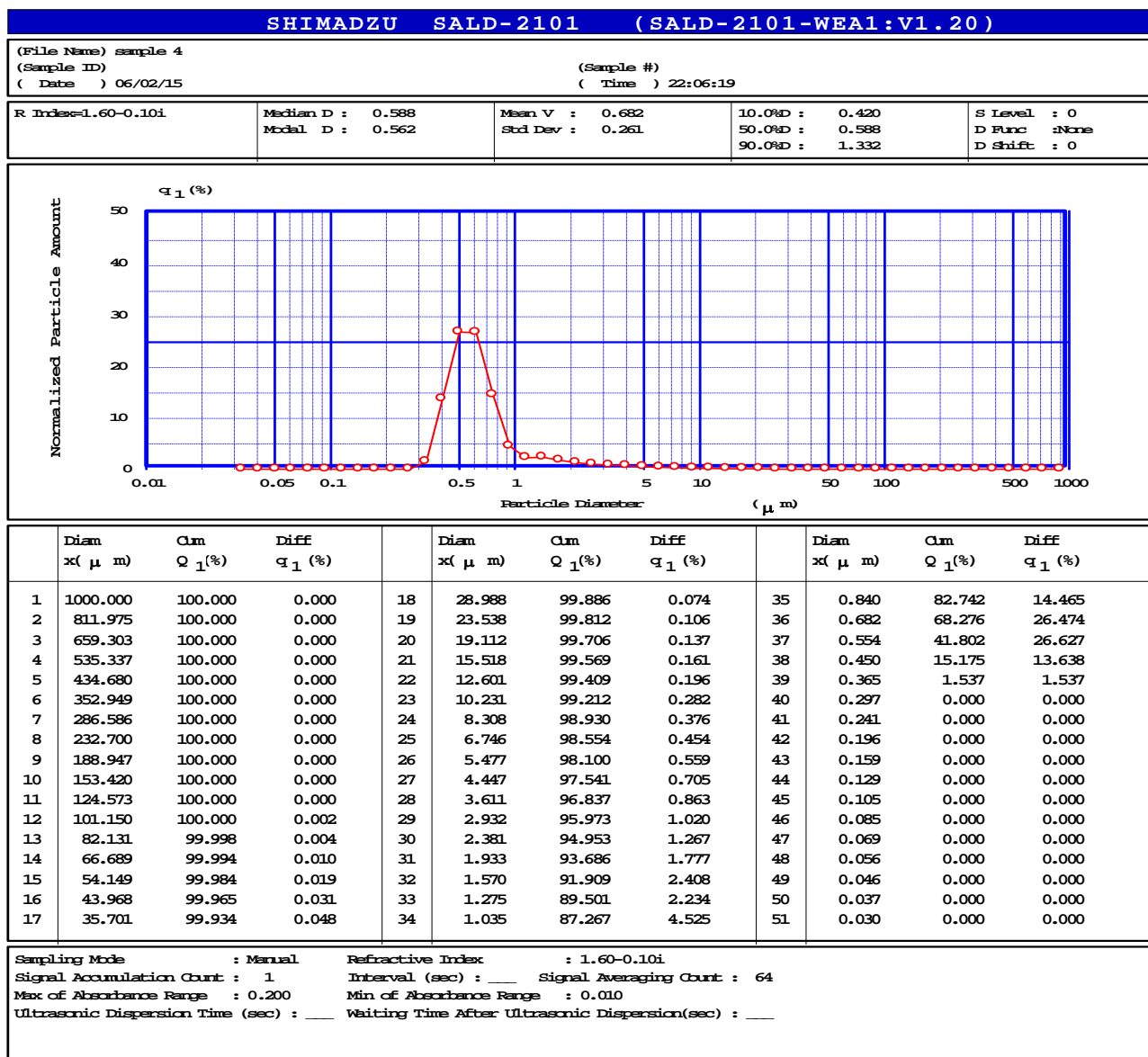
تصویر ۱ - نمودار توزیع اندازه‌ی ذرات بر اساس پارامتر تعداد ذرات

بررسی درصد تجمعی حاکی از آن است، که قطر معادل کوچکترین و بزرگترین ذره به ترتیب، ۰/۳۶۵ و ۱۰۱/۱۵۰ میکرون می‌باشد (تصویر ۳).

۳-۳- روش ساخت نمونه‌ها

در این تحقیق، فرمولاسیون‌های انتخابی جدول ۳، جهت ساخت لاستیک در بخش مرکز تحقیقات کارخانه‌ی لاستیک دنا مورد استفاده قرار گرفت. بعد از توزین مواد اولیه‌ی مصرفی جهت اختلاط مواد و تهیه‌ی آمیزه لاستیکی، از دستگاه بنبوری آزمایشگاهی (مخلوط‌کن درونی) ساخت کشور ژاپن استفاده گردید. پس از طی زمان مورد نیاز (حدود ۴ دقیقه) و رسیدن گشتاور به مقدار تعادلی، موادی که حالت

طولی، چنین استنتاج می‌شود، که متوسط اندازه‌ی ذرات ۰/۶۱۶ میکرون، توزیع فراوانی ۰/۵۶۲ میکرون و میانه‌ی ذرات ۰/۵۷۲ میکرون می‌باشد (یعنی از نظر ریاضی ۵۰ درصد ذرات اندازه‌ای زیر ۰/۵۷۲ میکرون و ۵۰ درصد اندازه‌ای بالاتر از این مقدار دارند). بررسی درصد تجمعی مبین آن است که کوچکترین ذره قطری معادل ۰/۳۶۵ میکرون و بزرگترین ذره قطری معادل ۶۶/۶۸۹ میکرون دارد (تصویر ۲). با توجه به نمودار به دست آمده از آزمایش دانه‌بندی پودرهای حاصل از برش سنگ‌های چینی توسط اشعه‌ی لیزر بر اساس پارامتر قطر معادل سطحی، ذرات به طور میانگین دارای ابعاد ۰/۹۷۴ میکرون هستند. همچنین توزیع فراوانی ذرات ۰/۵۶۲ میکرون بوده و ۵۰ درصد ذرات زیر ۰/۶۷۱ میکرون و ۵۰ درصد بالاتر از این مقدار قرار گرفته‌اند.



تصویر ۲ - نمودار توزیع اندازه‌ی ذرات بر اساس پارامتر قطر معادل طولی

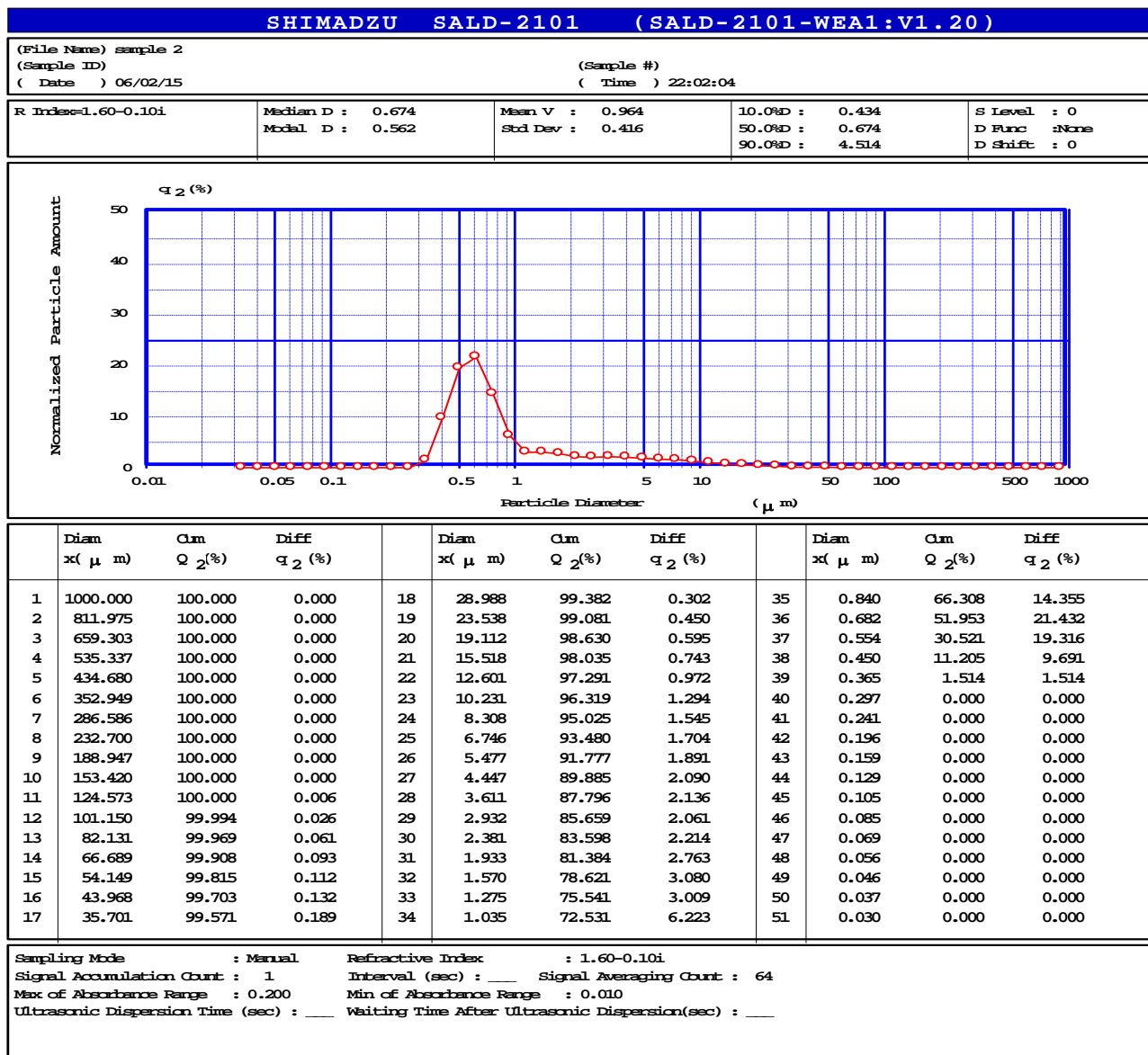
اندازه‌گیری مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حد پارگی و مدول ۳۰۰ درصد استفاده گردید.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ۴ نمونه پودر کربنات کلسیم ضایعاتی و مقایسه‌ی نتایج با استاندارد کربنات کلسیم مورد استفاده در لاستیک

با توجه به نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ۴ نمونه پودر کربنات کلسیم ضایعاتی (جدول ۴)، این پودرها با میانگین، دانه‌بندی ۱/۹۲۵-۰/۵۳۳ میکرون، قطر معادل طولی و سطحی به ترتیب ۰/۶۶۸ و ۱/۴۲۴ میکرون، درجه خلوص ۹۸/۸ درصد، رطوبت ۰/۱۴ درصد، درخشندگی ۹۷/۵ درصد، مجموع (اکسید آهن و اکسید آلومینیوم) ۰/۱۹۸ درصد،

خمیری داشتند، از دستگاه بنبوری خارج گردیدند و برای اختلاط نهایی از دستگاه غلتک (مخلوط‌کن بیرونی) ساخت کشور ژاپن استفاده شد. زمان اختلاط، حدوداً ۶ دقیقه بود و در طی این مدت عوامل پخت و شتاب‌دهنده، به آمیزه اضافه گردید و انواع آمیزه‌های لاستیکی به دست آمد. پس از مراحل فوق، ساخت و آماده‌سازی اجزای تشکیل‌دهنده و مونتاژ تایر انجام شد. در مرحله‌ی نهایی (مرحله‌ی پخت یا ولکانیزاسیون)، تایر شکل نهایی با خواص فیزیکی- مکانیکی، را به خود گرفت. جهت شکل‌دهی لاستیک، از دستگاه پرس پخت، ساخت داخل استفاده شد. در پایان، خواص فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های حاصل (ساخته شده) همانند سختی، مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حد پارگی و مدول ۳۰۰ درصد اندازه‌گیری شد. بدین منظور از دستگاه سختی‌سنج جهت تعیین سختی و از دستگاه تست‌کشش، جهت



تصویر ۳- نمودار توزیع اندازه‌ی ذرات بر اساس پارامتر قطر معادل سطحی

جدول ۴- نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ۴ نمونه پودر کربنات کلسیم ضایعاتی

شماره نمونه	میانگین اندازه‌ی ذرات (μm)	میانگین قطر معادل طولی ذرات (μm)	میانگین قطر معادل سطحی ذرات (μm)	میانگین میانه‌ی ذرات (μm)	میانگین فراوانی اندازه‌ی ذرات (μm)	جذب روغن (g/100g) ASTM D281-95	چگالی (g/cm ³)	درخشندگی (خشک) (%)
۱	۰/۵۴۶-۰/۹۷۴	۰/۶۱۶	۰/۹۷۴	۰/۵۹۲	۰/۵۶۲	۳۰	۲/۷	۹۸
۲	۰/۵۳۳-۰/۹۶۴	۰/۶۰۹	۰/۹۶۴	۰/۵۷۶	۰/۵۲۴	۲۹	۲/۷	۹۷
۳	۰/۵۹۷-۱/۹۲۵	۰/۷۶۱	۱/۹۲۵	۰/۸۲۵	۰/۵۶۲	۳۱	۲/۷	۹۸
۴	۰/۵۶۰-۱/۸۳۵	۰/۶۸۸	۱/۸۳۵	۰/۶۹۱	۰/۵۶۲	۳۰	۲/۷	۹۷
شماره نمونه	سختی (Mohs)	رنگ پودر کربنات کلسیم	رطوبت (%)	شکل ذرات	درجه خلوص کربنات (%)	اکسید منیزیم (%)	اکسید آهن + اکسید آلومینیوم (%)	
۱	۲/۵	سفید	۰/۳۳	مکعبی	۹۹/۰۹۰	۰/۹۵	۰/۲۷	
۲	۲/۶	سفید	۰/۱۷	مکعبی	۹۹/۴۳۱	۰/۷۶	۰/۰۵	
۳	۲/۷	سفید	۰/۰۴	مکعبی	۹۹/۲۲۶	۰/۷۳	۰/۲۱	
۴	۲/۶	سفید	۰/۰۲	مکعبی	۹۹/۲۹۴	۰/۷۹	۰/۲۶	

جدول ۵ - استاندارد کربنات کلسیم مورد استفاده در لاستیک (GBT/9590 2004/China)

پُرکننده	میانگین اندازه ذرات (μm)	توزیع اندازه ذرات (μm)	شکل ذرات	چگالی (g/cm ³)	مساحت سطح مخصوص (BET) (m ² /g)	جذب روغن (g/100g) ASTM D281-95	رطوبت (%)	سختی (Mohs)	رنگ	درخشندگی (خشک) (%)	کربنات کلسیم (%)	اکسید منیزیم (%)	اکسید آهن + اکسید آلومینیوم (%)
کربنات کلسیم طبیعی	۳-۱۲۰	۰/۱-۶۰۰	مکعبی	۲/۷	۰/۳-۲	۹-۲۱	≤۰/۵	۲/۵-۳	سفید	≥۸	≥۹۴/۵	≤۰/۷	≤۰/۳
کربنات کلسیم رسوبی	۰/۰۷-۱	۰/۱-۲	مکعبی کروی	۲/۶	۱۱-۲۶	۳۵-۴۰	≤۰/۵	۲/۵-۳	سفید	≥۸	≥۹۴/۵	≤۰/۷	≤۰/۳

و یکی از مواد اولیه مصرفی در ترکیب لاستیک، به میزان کافی وجود دارد. با استفاده از نسبت‌های مناسبی از این پودرهای ضایعاتی در ترکیب لاستیک، لاستیک و قطعات لاستیکی با خواص مطلوب، در حد استاندارد تهیه گردید. نتایج نشان داد، که این پودرها با دانه‌بندی متوسط ۰/۹۲۵-۱/۵۳۳ میکرون، میانگین قطر معادل طولی و سطحی به ترتیب ۰/۶۶۸ و ۱/۴۲۴ میکرون، درجه خلوص متوسط ۹۸/۸ درصد، رطوبت ۰/۰۲ درصد و جذب روغن ۳۰ گرم در ۱۰۰ گرم لاستیک و به‌طور کلی مطابق با استاندارد کربنات کلسیم مورد استفاده در لاستیک، به‌عنوان یک پرکننده مناسب و ارزان‌قیمت در ساخت لاستیک و قطعات لاستیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این‌رو به‌کارگیری پودرهای موجود در سنگبری‌های منطقه‌ی نیریز استان فارس، می‌تواند باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌ی حمل و نقل و در نتیجه قیمت تمام‌شده‌ی محصولات گردد.

تشکر و قدردانی

از زحمات آقای مهندس محمّدامین آزادی، سرکار خانم مهندس آزادی و کارشناسان محترم واحد مرکز تحقیقات کارخانه‌ی لاستیک سازی دنا، شیراز جهت همکاری، هماهنگی‌ها و کمک‌های لازم برای انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد.

مراجع

رکابدار، ف.، امیری، د. و بخشنده، غ.ر.، ۱۳۸۷، "اثرات تقویت کنندگی پرکننده‌های غیردوده‌ای بر لاستیک پلی بوتادین (II)", فصلنامه‌ی تحقیق، شماره ۳۴: ۹-۱.

صاحبیان سقی، س.، زبرجد، س.م. و سجادی، س.ع.، ۱۳۸۷، "اثر دما و نانو ذرات کربنات کلسیم بر خواص کششی پلی اتیلن با چگالی متوسط"، مجله‌ی علوم و تکنولوژی پلیمر، شماره ۲۱: ۱۴۰-۱۳۳.

Ansarifar, A., Wang, L., Osmani, M. & Pappu, A., 2009, "Assessing effects of thermoset polyester resin waste powder on the processing and mechanical properties of natural rubber", *Journal of Rubber Research*, Vol. 12 (1): 12-26.

اکسید منیزیم ۰/۸ درصد و جذب روغن ۳۰ گرم در ۱۰۰ گرم و همچنین سختی ۲/۶ در مقیاس موس، چگالی ۲/۷ گرم برسانتیمتر مکعب و رنگ سفید، با خصوصیات کربنات کلسیم استاندارد مورد استفاده در لاستیک (جدول ۵) تطابق کامل دارند.

۴-۲- بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده

خواص فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده با فرمولاسیون‌های مختلف در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به مقادیر به‌دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده، مانند سختی، مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حد پارگی و مدول ۳۰۰ درصد و مقایسه‌ی آن‌ها با مقادیر لاستیک استاندارد، می‌توان به این نتیجه رسید، که هر ۴ نمونه لاستیک ساخته شده با پرکننده‌ی کربنات کلسیم ضایعاتی، از استاندارد مورد قبولی برخوردار می‌باشند.

جدول ۶- خواص فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده با استفاده از پودر کربنات کلسیم ضایعاتی سنگبری‌های منطقه‌ی نیریز استان فارس

کد نمونه	سختی (HD)	مقاومت کششی (Kg/Cm ²)	ازدیاد طول تا حد پارگی (%)	مدول ۳۰۰ (Kg/Cm ²)
۱	۴۵	۲۲۰	۵۹۰	۷۰
۲	۴۶	۲۲۳	۵۸۵	۷۱
۳	۴۵	۲۱۹	۵۸۹	۶۹
۴	۴۴	۲۲۱	۵۹۲	۷۰
لاستیک استاندارد	۴۰±۵	۱۵۰-۳۰۰	۳۵۰	> ۴۰
	ASTM D-2240	ASTM D-412	ASTM D-1456	ASTM D-412

۵- نتیجه‌گیری

برای ساخت لاستیک، در استان فارس پودرهای حاصل از برش سنگ‌های چینی در سنگبری‌های منطقه‌ی نیریز، به‌عنوان ماده‌ی پرکننده

of natural rubber vulcanizates filled with calcium carbonate modified by gallic acid", *Polymer Bulletin*, Vol. 65, Published online: 02 November 2010.

Price, M. & Walsh, K., 2005, "Rocks and minerals (Pocket Nature)", *Dorling Kindersley*, 224 pp.

Sahebian, S., 2007, "Effect of nano-sized calcium carbonate on creep behavior of medium density polyethylene", *M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Department of Metallurgy and Materials Engineering*, 250 pp.

Strutz, M.D. & Sweeney, C.T., 1990, "Natural ground calcium carbonate", *Proceeding Tappi Neutral/ Alkaline Short Course October*, Tappi Press, Atlanta, Ga. : 16-18.

Tilley, R. J. D., 2001, "Colour and optical properties of materials: An exploration of the relationship between light, the optical properties of materials and colour", *John Wiley & Sons*, 348 p.

Yahaya, L. E., Adebawale, K. O. & Menon, A. R. R., 2009, "Mechanical properties of organomodified kaolin/natural rubber vulcanizates", *Applied Clay Science*, Vol. 46 (3): 283-288.

Zhang, S. L., Xin, Z. X., Zhang, Z. X. & Kim, J. K., 2009, "Characterization of the properties of thermoplastic elastomers containing waste rubber tire powder", *Waste Management*, Vol. 29 (5): 1480-1485.

Zuiderduin, W.C.J., Westzaan, C., Huétink, J. & Gaymans, R. J., 2003, "Toughening of polypropylene with calcium carbonate particles", *Journal of Polymer*, Vol. 44 (1): 261-275.

Bréchet, Y., Cavaillé, J. Y., Chabert, E., Chazeau, L., Dendievel, R., Flandin, L. & Gauthier, C., 2001, "Polymer based nanocomposites: effect of filler-filler and filler-matrix interactions", *Advanced Engineering Material*, Vol. 3 (8): 571-577.

Cioni, B. & Lazzeri, A., 2010, "The role of interfacial interactions in the toughening of precipitated calcium carbonate-polypropylene nanocomposites", *Composite Interfaces*, Vol. 17 (5-7): 533-549.

Deng, H., Ao, N. J., Yan, T., Zhang, L. & Huang, C. B., 2009, "The reinforcement of red clay on natural rubber and its reinforcing mechanism", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 112 (6): 3418-3422.

Gunter, B. & Gerhard, P., 2005, "Industrial inorganic pigments", 3^{ed}, *Wiley-VCH*, 315 pp.

Higgins, R. J. & Goldsmith, R. B., 1997, "Process and system production of inorganic nanocomposites", *US Patent* 5879715.

Ismail, H. & Ruhaizat, T.A., 1997, "The effect of palm oil fatty acid on curing characteristics and mechanical properties of calcium carbonate filled natural rubber compounds", *Iranian Polymer Journal*, Vol. 6 (2): 97-104.

Kamal, M. M., Clarke, J. & Ahmad, M. A., 2009, "Comparison of properties of natural rubber compounds with various fillers", *Journal of Rubber Research*, 12 (1), 27-44.

Kauffman, S.H., Leidner, J., Woodhams, R.T. & Xanthos, M., 1974, "The preparation and classification of high aspect ratio mica flakes for use in polymer reinforcement", *Powder Technology*, Vol. 9 (2-3): 125-133.

Kim, E. A., Seyfferth, A. L., Fendorf, S. & Luthy, R. G., 2010, "Immobilization of Hg(II) in water with polysulfide-rubber (PSR) polymer-coated activated carbon", *Water Research*, Article in Press, Corrected Proof.

Lazzeri, A., Zebarjad, S.M., Pracella, M., Cavalier, K. & Rose, R., 2005, "Filler toughening of plastics", *Part 1-The effect of surface interactions on physico-mechanical properties and rheological behavior of ultrafine CaCO₃/HDPE nanocomposites*, *Journal of Polymer*, 46 (3): 827-844.

Leblanc, J. L., 2008, "Rubber chem.", *Powder Technol Publ*, Vol. 54, 58 pp.

Lin, H., Qi, D., Han, J., Cai, Z. & Wu, M., 2009, "Phenolic rigid organic filler/isotactic polypropylene composites. III. Impact resistance property", *Frontiers of Chemical Engineering in China*, Vol. 3 (2): 176-181.

Liu, Qinfu, Zhang, Y. & Xu, H., 2008, "Properties of vulcanized rubber nanocomposites filled with nanokaolin and precipitated silica", *Applied Clay Science*, Vol. 42 (1-2): 232-237.

Poompradub, S., Luthikaviboon, T., Linpoo, S., Rojanathanes, R. & Prasassarakich, P., 2010, "Improving oxidation stability and mechanical properties