فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ٦ (١٣٨٩)، شماره ١: ٨-١
www.appliedgeology.ir

کاربرد پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی برای ساخت لاستیک

محمّدحسن آزادی*[1]، مهرداد کریمی[2] و محمدامین آزادی[1]

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

٢) گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

*) عهده‌دار مکاتبات

تاریخ دریافت: ٨٨/٢/٥ ؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ٨٨/١١/٣٠ ؛ تاریخ پذیرش: ٨٩/٢/١

چکیده

حدود ١٥٢ واحد سنگبری در منطقه‌ی نیریز در حال فعّالیّت می‌باشند، که تمامی این واحدها سنگ چینی نیریز را برش می‌دهند. به‌طور تقریبی، هر واحد روزانه، درحدود ١٠ تن پودر سنگ (کربنات کلسیم) ضایعاتی حاصل از برش، تولید می‌کند. در این تحقیق، پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی (به‌عنوان پرکننده) به همراه دیگر موادّ اوّلیّه‌ی داخلی، برای ساخت لاستیک مورد استفاده قرار گرفته است. به‌همین منظور از روش فلورسانس اشعه‌ی ایکس، جهت آنالیز شیمیایی و از دستگاه آنالیز اندازه‌ی ذرّات، روش تفرّق اشعه‌ی لیزر، جهت تعیین دانه‌بندی پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی استفاده گردید. سپس فرمولاسیون‌های مناسبی طبق ترکیب شیمیایی موادّ اوّلیّه در نظرگرفته شد. پس از مخلوط کردن موادّ اوّلیّه و شکل‌دهی توسّط روش پرس، نمونه‌های لاستیک حاصل در دماهای مختلف پخته شد و مهمترین خواصّ آن‌ها پس از اندازه گیری، با لاستیک استاندارد مقایسه گردید. در این راستا، خواصّ فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های حاصل، مانند سختی، مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حدّ پارگی و مدول ٣٠٠ درصد اندازه گیری شد. نتایج نشان داد، که نمونه‌های لاستیک ساخته شده توسّط پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی، با لاستیک استانداردی که در کارخانه‌ی لاستیک‌سازی دنا ساخته می‌شود، خصوصیّات نزدیک و شبیه به یکدیگر دارند. از این جهت پودرهای ضایعاتی با دانه‌بندی متوسّط ١/٩٢٥-٠/٥٣٣ میکرون، میانگین قطر معادل طولی و سطحی به ترتیب ٠/٦٦٨ و ١/٤٢٤ میکرون، درجه‌ی خلوص میانگین ٩٨/٨ درصد، رطوبت ٠/١٤ 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.

١- مقدّمه

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 خاصیّت 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 مادّه‌ی معدنی موجب لطافت، صاف بودن سطح، زیبایی ظاهری و ظرافت لاستیک شده، که این امور در مرغوبیّت کالا و بازارپسندبودن آن تأثیر بسزایی دارد (Higgins & Goldsmith 1997). استفاده از نانوکربنات کلسیم در تهیّه‌ی نانوکامپوزیت الاستومرها از جمله (Synthetic Botadine Rubber, SBR) (لاستیک بوتادین مصنوعی) مقاوم، به‌عنوان موادّ 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 ٣ تا ٥ درصد نانوکربنات کلسیم می‌تواند، استحکام مکانیکی معادل ٤٠ تا ٤٥ درصد دوده را ایجاد کند و به‌همین دلیل چگالی لاستیک به مقدار قابل توجّهی کاهش می‌یابد (رکابدار و همکاران ١٣٨٧، Bréchet et al. 2001, Lazzeri et al.).

2005, Kim et al. 2010 نانوکامپوزیت الاستومر به‌ویژه (Ethylene Propylene Diene Monomer, EPDM) (یک نوع لاستیک مصنوعی) پرشده با کربنات کلسیم، به‌دلیل دارا بودن ضریب عبوردهی کم نسبت به گازها به‌ویژه هوا، می‌تواند در پوشش داخلی تایر و تیوب‌ها مورد استفاده قرارگیرد (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 خواصّی هستند که این نانوکامپوزیت پرشده 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 متوسّط 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 ۹٤/۵ ≥ درصد، می‌توان به آسانی به‌عنوان یک پرکننده‌ی مناسب و ارزان‌قیمت در ترکیب لاستیک استفاده کرد (صاحبیان سقّی و همکاران ۱۳۸۷).

سنگ‌های چینی، سنگ‌های بلورینی (کریستالینی) هستند که طیّ تبلور مجدّد، ناشی از دگرگونی سنگ آهک تشکیل شده‌اند و به‌طور وسیعی برای نمای دیوارها، ستون‌ها، کف‌ها، پله‌ها و سایر منظورهای 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.

برّرسی‌ها نشان داده، که از ٤/۵ میلیون تن پودر کربنات کلسیم ضایعاتی که در سنگبری‌های سراسر کشور تولید می‌شود (صاحبیان سقّی و همکاران ۱۳۸۷)، تقریباً هیچ استفاده‌ی بهینه‌ای نمی‌شود. درحالی‌که این پودرها بسیار ریز دانه بوده و به‌عنوان پرکننده، قابلیّت کاربرد در صنایع مختلف، از جمله لاستیک و پلاستیک را دارا می‌باشند (Sahebian 2007). درمنطقه‌ی مورد بحث و تحقیق (شهرستان نیریز)، حدود ۱۵۲ واحد سنگبری وجود دارد (Sahebian 2007)، که تمامی این واحدها سنگ چینی سفید نیریز، به عنوان یکی از مرغوب‌ترین و خالص‌ترین نمونه‌های سنگ مرمر را برش می‌دهند. به‌طور متوسّط هر واحد سنگبری روزانه، حدود ۱۰ تن پودر کربنات کلسیم ضایعاتی حاصل از برش، با درجه‌خلوص بسیار بالا با دانه‌بندی میکرونی تولید 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 راه های بهینه‌ای برای استفاده از این مواد پیدا نمود و ضمن جلوگیری از خروج ارز از کشور، کاربردشان را در صنایع مختلف مورد بحث و برّرسی قرار داد. در این تحقیق، کاربرد پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی، به‌عنوان پرکننده در ساخت لاستیک مورد برّرسی قرار می‌گیرد.

جدول۱- مشخّصات کربنات کلسیم (Tilley & Richard 2001)

فرمول شیمیایی	CaCO3
پودر(کریستال)	جامد سفید
ساختار کریستالی	هگزاگونال و ارتورومبیک
ضریب شکست	۱/٦۵۸
دانسیته	۲/۷gr/cm^3
نقطه‌ی جوش	۸۹۹ C
نقطه‌ی ذوب	۸۲۵ C

۲- مصارف عمده‌ی کربنات کلسیم

این مادّه‌ی 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، تصفیّه‌ی نفت، آهن و فولاد، تصفیّه‌ی قند، سیم و کابل، مرکب چاپ، لوازم‌التحریر، دینامیت و همچنین در انبارها و مخازن، گوگردزدایی گاز دودکش‌ها، مرمّت آثار باستانی، پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها، تهیّه‌ی ضدّ یخ، ساخت پلیمرها و بتن‌های مقاوم، لنزهای دوربین، کامپوزیت‌ها و... کاربرد دارد (Gunter & Gerhard 2005, Kauffman et al. 1974, Strutz & Sweeney 1990).

۳- روش تحقیق

۳-۱- موادّ اوّلیّه و فرمولاسیون

با برّرسی آنالیزهای شیمیایی پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی حاصل از برش سنگ‌های چینی نیریز، توسّط دستگاه فلورسانس اشعه‌ی ایکس (X-Ray Fluorescence) مدل فیلیپس پی‌دبلیو (Philips pw 1480) و مطالعه‌ی دانه‌بندی این پودرها بر اساس ۳ پارامتر تعداد ذرّات، قطر معادل طولی و سطحی به‌وسیله‌ی دستگاه آنالیز اندازه‌ی ذرّات (Particle Size Analyzer)، مدل شیمادزو سالد (Shimadzu SALD 2101 [Size Analyzer (SALD ([Laser Diffraction، روش تفرّق اشعه‌ی لیزر (Dynamic Light Scattering)، تعداد ٤ نمونه پودر، به‌همراه دیگر موادّ اوّلیّه‌ی مصرفی

شامل کائوچوی طبیعی، روغن، اسید استئاریک، دوده، پودر اکسید روی، شتاب‌دهنده وگوگرد برای ساخت لاستیک انتخاب گردید. در جدول ۲، ترکیب شیمیایی ٤ نمونه پودر کربنات کلسیم مصرفی ارائه شده است. به‌علّت شباهت بسیار نزدیک، نتایج به‌دست آمده از آزمایش دانه‌بندی ٤ نمونه پودر ضایعاتی، در این تحقیق به مطالعه‌ی دانه‌بندی ۱ نمونه، اشاره خواهد شد. با توجّه به خواص و ویژگی پودرهای مورد برّرسی، چهار فرمولاسیون برای ساخت لاستیک مدّ نظر قرار گرفت (جدول ۳). در تمامی ترکیبات، مقادیر موادّ اوّلیّه‌ی مورد استفاده، ثابت در نظر گرفته شده است. ذکر این نکته ضروری است که در فرمولاسیون‌ها از ٤ نمونه‌ی مختلف پودر کربنات کلسیم ضایعاتی استفاده گردید.

۳-۲- مطالعه‌ی دانه‌بندی

براساس نتایج حاصل از آزمایش دانه‌بندی پودرهای حاصله از برش سنگ‌های چینی توسّط اشعه‌ی لیزر بر اساس پارامتر تعداد ذرّات، مشخّص شد، که میانگین اندازه‌ی ذرّات ۰/٥٤٦ میکرون بوده و ذرّاتی با ابعاد ۰/٥٦۲ میکرون بیشترین فراوانی را دارند. همچنین ٥۰ درصد ذرّات دارای ابعادی بالاتر از۰/٥۳۲ میکرون و ٥۰ درصد ذرات زیر این مقدار می‌باشند. از نقطه نظر آمار درصد تجمّعی نشان می‌دهد، که حدّاقل اندازه‌ی ذرّات ۰/۳٦٥ و حدّاکثر ۱۹/۱۱۲ میکرون است (تصویر ۱).

از نمودار به‌دست آمده درنتیجه‌ی آزمایش دانه‌بندی پودرهای کربنات کلسیم ضایعاتی توسّط اشعه‌ی لیزر براساس پارامتر قطر معادل

جدول ۲ – ترکیب شیمیایی ٤ نمونه پودر کربنات کلسیم مصرفی

نمونه‌ی پودر	CaO %	SiO_2 %	Fe_2O_3 %	MnO %	MgO %	Al_2O_3 %	K_2O %	Na_2O %	TiO_2 %	P_2O_5 %	L.O.I %
۱	٥۳/۳۸	۰/٦۳	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۹٥	۰/۱٦	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۰۱۸	۰/۰۲۷	٤۳/۸۹
۲	٥٤/٥٥	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۷٦	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰٦٦	٤۳/۸۸
۳	٥٤/٤۰	۰/۳٤	۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۷۳	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰٦	۰/۰۱٦	۰/۰۰۱	٤۳/٦٦
٤	٥٤/٥٦	۰/۳۱	۰/۰۷	۰/۰۰۱	۰/۷۹	۰/۱۹	۰/۰۱	۰/۰٥	۰/۰۱٦	۰/۰٥٦	٤۳/٦۷
نمونه‌ی پودر	Cl ppm	Ba ppm	Sr ppm	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Ce ppm	As ppm
۱	۷۱۳٤	۱۳۳	۱۹٦	۲۸	۱۸	۳	۱۰	٦	٥	۱۹	۱٥
۲	۳۱٦٥	۱۳٦	۱٤۹	۲۸	۲۱	۳	۳	٤	٤	۱۳	۱۲
۳	۲٥۳۳	۱۰٤	۱٦۲	۲٦	۲۱	۸	۱۲	٥	۲	۱٥	۱٤
٤	۲٥۹٥	۱٦۱	۱۸۲	۳۰	۲۳	۷	۷	٥	۱	۱٦	۱۱
نمونه‌ی پودر	La ppm	W ppm	Mo ppm	Nb ppm	Zr Ppm	Y Ppm	Rb ppm	V ppm	U ppm	Th ppm	
۱	۸	۱	۱	۹	۲۰	٥	۱۰	۱۹	۱	۱	
۲	۸	۱	۱	۱۱	۱۲	٦	۱۲	۱۳	۱	۱	
۳	٤	۱	۱	۳	۲۲	٥	۱۰	۱۳	۱	۱	
٤	٦	۱	۱	۹	۲۳	٦	۱۱	۱٥	۱	۱	

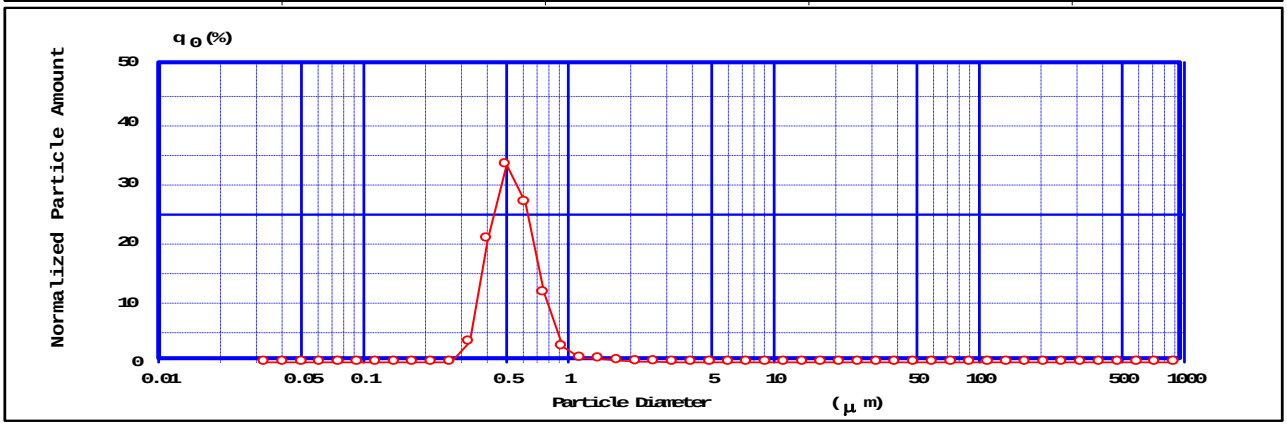
جدول ۳ – ترکیب موادّ اوّلیّه‌ی مورد مصرف و مقادیر استفاده شده‌ی آن‌ها برای ساخت لاستیک

	موادّ اوّلیّه‌ی مصرفی(گرم)							
کد نمونه	کائوچوی طبیعی (SMR 20)	روغن (Behran 840)	اسید استاریک	دوده (N-550)	پودر اکسید روی	پودرکربنات کلسیم ضایعاتی	شتاب دهنده (MBTS)	عامل پخت (گوگرد)
۱	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/٥	۱٥ (پودر۱)	۰/٤	۳
۲	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/٥	۱٥ (پودر۲)	۰/٤	۳
۳	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/٥	۱٥ (پودر۳)	۰/٤	۳
٤	۱۰۰	۸	۲	۳۰	۳/٥	۱٥ (پودر٤)	۰/٤	۳

SHIMADZU SALD-2101 (SALD-2101-WEA1:V1.20)

(File Name) sample 1
(Sample ID)
(Date) 06/02/15
(Sample #)
(Time) 21:56:32

R Index=1.60-0.10i	Median D : 0.532 Modal D : 0.562	Mean V : 0.546 Std Dev : 0.124	10.0%D : 0.402 50.0%D : 0.532 90.0%D : 0.760	S Level : 0 D Func :None D Shift : 0



	Diam x(μ m)	Cum Q 0(%)	Diff q 0 (%)		Diam x(μ m)	Cum Q 0(%)	Diff q 0 (%)		Diam x(μ m)	Cum Q 0(%)	Diff q 0 (%)
1	1000.000	100.000	0.000	18	28.988	100.000	0.000	35	0.840	95.224	11.588
2	811.975	100.000	0.000	19	23.538	100.000	0.000	36	0.682	83.636	26.686
3	659.303	100.000	0.000	20	19.112	100.000	0.002	37	0.554	56.949	32.930
4	535.337	100.000	0.000	21	15.518	99.998	0.002	38	0.450	24.019	20.625
5	434.680	100.000	0.000	22	12.601	99.996	0.003	39	0.365	3.394	3.394
6	352.949	100.000	0.000	23	10.231	99.993	0.007	40	0.297	0.000	0.000
7	286.586	100.000	0.000	24	8.308	99.986	0.012	41	0.241	0.000	0.000
8	232.700	100.000	0.000	25	6.746	99.975	0.019	42	0.196	0.000	0.000
9	188.947	100.000	0.000	26	5.477	99.956	0.031	43	0.159	0.000	0.000
10	153.420	100.000	0.000	27	4.447	99.925	0.053	44	0.129	0.000	0.000
11	124.573	100.000	0.000	28	3.611	99.872	0.079	45	0.105	0.000	0.000
12	101.150	100.000	0.000	29	2.932	99.793	0.107	46	0.085	0.000	0.000
13	82.131	100.000	0.000	30	2.381	99.685	0.176	47	0.069	0.000	0.000
14	66.689	100.000	0.000	31	1.933	99.509	0.355	48	0.056	0.000	0.000
15	54.149	100.000	0.000	32	1.570	99.154	0.597	49	0.046	0.000	0.000
16	43.968	100.000	0.000	33	1.275	98.557	0.680	50	0.037	0.000	0.000
17	35.701	100.000	0.000	34	1.035	97.878	2.654	51	0.030	0.000	0.000

Sampling Mode : Manual
Refractive Index : 1.60-0.10i
Signal Accumulation Count : 1
Interval (sec) : ___ Signal Averaging Count : 64
Max of Absorbance Range : 0.200
Min of Absorbance Range : 0.010
Ultrasonic Dispersion Time (sec) : ___ Waiting Time After Ultrasonic Dispersion(sec) : ___

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

طولی، چنین استنتاج می‌شود، که متوسّط اندازه‌ی ذرّات ۰/٦١٦ میکرون، توزیع فراوانی ۰/٥٦٢ میکرون و میانه‌ی ذرّات ۰/٥٧٢ میکرون می‌باشد (یعنی از نظر ریاضی ٥٠ درصد ذرّات اندازه‌ای زیر ۰/٥٧٢ میکرون و ٥٠ درصد اندازه‌ای بالاتر از این مقدار دارند). برّرسی درصد تجمّعی مبیّن آن است که کوچکترین ذرّه قطری معادل ۰/٣٦٥ میکرون و بزرگترین ذرّه قطری معادل ٦٨٩/ ٦٦ میکرون دارد (تصویر ۲).

با توجّه به نمودار به‌دست آمده از آزمایش دانه‌بندی پودرهای حاصل از برش سنگ‌های چینی توسّط اشعه‌ی لیزر بر اساس پارامتر قطر معادل سطحی، ذرّات به‌طور میانگین دارای ابعاد۰/٩٧٤ میکرون هستند. همچنین توزیع فراوانی ذرّات ۰/٥٦٢ میکرون بوده و ٥٠ درصد ذرّات زیر ٦٧١/ ٠میکرون و ٥٠ درصد بالاتر از این مقدار قرارگرفته‌اند.

برّرسی درصد تجمّعی حاکی از آن است، که قطر معادل کوچکترین و بزرگترین ذرّه به‌ترتیب، ۰/٣٦٥ و ١٥٠/ ١٠١ میکرون می‌باشد (تصویر ۳).

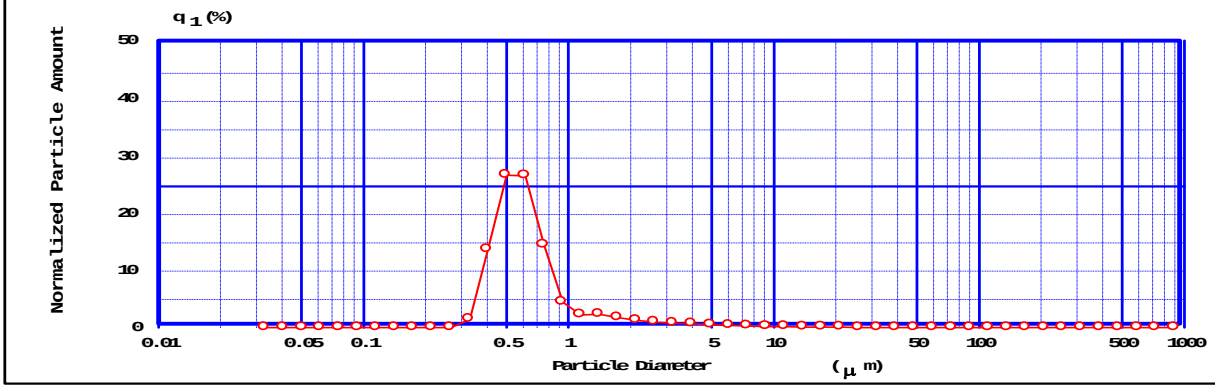
۳-۳- روش ساخت نمونه‌ها

در این تحقیق، فرمولاسیون‌های انتخابی جدول ۳، جهت ساخت لاستیک در بخش مرکز تحقیقات کارخانه‌ی لاستیک دنا مورد استفاده قرار گرفت. بعد از توزین موادّ اوّلیّه‌ی مصرفی جهت اختلاط مواد و تهیّه‌ی آمیزه لاستیکی، از دستگاه بنبوری آزمایشگاهی (مخلوط‌کن درونی) ساخت کشور ژاپن استفاده گردید. پس از طیّ زمان مورد نیاز (حدود ٤ دقیقه) و رسیدن گشتاور به مقدار تعادلی، موادّی که حالت

SHIMADZU SALD-2101 (SALD-2101-WEA1:V1.20)

(File Name) sample 4
(Sample ID)
(Date) 06/02/15
(Sample #)
(Time) 22:06:19

R Index=1.60-0.10i	Median D : 0.588 Modal D : 0.562	Mean V : 0.682 Std Dev : 0.261	10.0%D : 0.420 50.0%D : 0.588 90.0%D : 1.332	S Level : 0 D Func :None D Shift : 0



	Diam x(μ m)	Cum Q 1(%)	Diff q 1 (%)		Diam x(μ m)	Cum Q 1(%)	Diff q 1 (%)		Diam x(μ m)	Cum Q 1(%)	Diff q 1 (%)
1	1000.000	100.000	0.000	18	28.988	99.886	0.074	35	0.840	82.742	14.465
2	811.975	100.000	0.000	19	23.538	99.812	0.106	36	0.682	68.276	26.474
3	659.303	100.000	0.000	20	19.112	99.706	0.137	37	0.554	41.802	26.627
4	535.337	100.000	0.000	21	15.518	99.569	0.161	38	0.450	15.175	13.638
5	434.680	100.000	0.000	22	12.601	99.409	0.196	39	0.365	1.537	1.537
6	352.949	100.000	0.000	23	10.231	99.212	0.282	40	0.297	0.000	0.000
7	286.586	100.000	0.000	24	8.308	98.930	0.376	41	0.241	0.000	0.000
8	232.700	100.000	0.000	25	6.746	98.554	0.454	42	0.196	0.000	0.000
9	188.947	100.000	0.000	26	5.477	98.100	0.559	43	0.159	0.000	0.000
10	153.420	100.000	0.000	27	4.447	97.541	0.705	44	0.129	0.000	0.000
11	124.573	100.000	0.000	28	3.611	96.837	0.863	45	0.105	0.000	0.000
12	101.150	100.000	0.002	29	2.932	95.973	1.020	46	0.085	0.000	0.000
13	82.131	99.998	0.004	30	2.381	94.953	1.267	47	0.069	0.000	0.000
14	66.689	99.994	0.010	31	1.933	93.686	1.777	48	0.056	0.000	0.000
15	54.149	99.984	0.019	32	1.570	91.909	2.408	49	0.046	0.000	0.000
16	43.968	99.965	0.031	33	1.275	89.501	2.234	50	0.037	0.000	0.000
17	35.701	99.934	0.048	34	1.035	87.267	4.525	51	0.030	0.000	0.000

Sampling Mode : Manual
Refractive Index : 1.60-0.10i
Signal Accumulation Count : 1
Interval (sec) : ___
Signal Averaging Count : 64
Max of Absorbance Range : 0.200
Min of Absorbance Range : 0.010
Ultrasonic Dispersion Time (sec) : ___
Waiting Time After Ultrasonic Dispersion(sec) : ___

تصویر۲ - نمودار توزیع اندازه‌ی ذرّات بر اساس پارامتر قطر معادل طولی

خمیری داشتند، از دستگاه بنبوری خارج گردیدند و برای اختلاط نهایی از دستگاه غلتک (مخلوط‌کن بیرونی) ساخت کشور ژاپن استفاده شد. زمان اختلاط، حدوداً ٦ دقیقه بود و در طیّ این مدّت عوامل پخت و شتاب‌دهنده، به آمیزه اضافه گردید و انواع آمیزه‌های لاستیکی به‌دست آمد. پس از مراحل فوق، ساخت وآماده‌سازی اجزای تشکیل‌دهنده و مونتاژ تایر انجام شد. درمرحله‌ی نهایی (مرحله‌ی پخت یا ولکانیزاسیون)، تایر شکل نهایی با خواصّ فیزیکی- مکانیکی، را به خود گرفت. جهت شکل‌دهی لاستیک، از دستگاه پرس پخت، ساخت داخل استفاده شد. در پایان، خواصّ فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های حاصل (ساخته شده) همانند سختی، مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حدّ پارگی و مدول ۳۰۰ درصد اندازه‌گیری شد. بدین منظور از دستگاه سختی‌سنج جهت تعیین سختی و از دستگاه تست‌کشش، جهت اندازه‌گیری مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حدّ پارگی و مدول۳۰۰ درصد استفاده گردید.

۴- بحث و نتایج

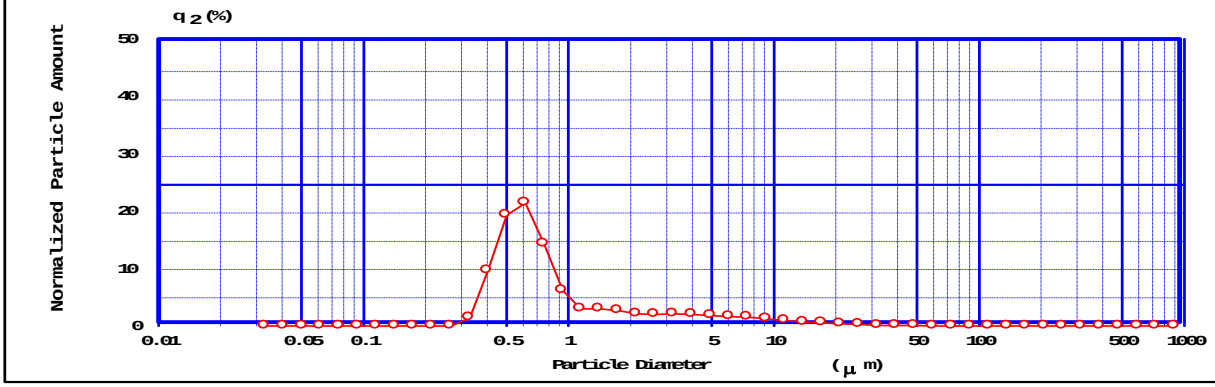
۴-۱- بررّسی خصوصیّات فیزیکی و شیمیایی ۴ نمونه پودر کربنات کلسیم ضایعاتی و مقایسه‌ی نتایج با استاندارد کربنات کلسیم مورد استفاده در لاستیک

با توجّه به نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ٤ نمونه پودرکربنات کلسیم ضایعاتی (جدول ٤)، این پودرها با میانگین، دانه‌بندی ۱/۹۲۵- ۰/۵۳۳ میکرون، قطر معادل طولی و سطحی به ترتیب ۰/٦٦٨ و ۱/٤٢٤ میکرون، درجه‌خلوص ۹۸/۸ درصد، رطوبت ۰/۱٤ درصد، درخشندگی ۹۷/۵ درصد، مجموع (اکسید آهن و اکسید آلومینیوم) ۰/۱۹۸ درصد،

SHIMADZU SALD-2101 (SALD-2101-WEA1:V1.20)

(File Name) sample 2
(Sample ID)
(Date) 06/02/15
(Sample #)
(Time) 22:02:04

R Index=1.60-0.10i	Median D : 0.674 Modal D : 0.562	Mean V : 0.964 Std Dev : 0.416	10.0%D : 0.434 50.0%D : 0.674 90.0%D : 4.514	S Level : 0 D Func :None D Shift : 0



	Diam x(μ m)	Cum Q 2(%)	Diff q 2 (%)		Diam x(μ m)	Cum Q 2(%)	Diff q 2 (%)		Diam x(μ m)	Cum Q 2(%)	Diff q 2 (%)
1	1000.000	100.000	0.000	18	28.988	99.382	0.302	35	0.840	66.308	14.355
2	811.975	100.000	0.000	19	23.538	99.081	0.450	36	0.682	51.953	21.432
3	659.303	100.000	0.000	20	19.112	98.630	0.595	37	0.554	30.521	19.316
4	535.337	100.000	0.000	21	15.518	98.035	0.743	38	0.450	11.205	9.691
5	434.680	100.000	0.000	22	12.601	97.291	0.972	39	0.365	1.514	1.514
6	352.949	100.000	0.000	23	10.231	96.319	1.294	40	0.297	0.000	0.000
7	286.586	100.000	0.000	24	8.308	95.025	1.545	41	0.241	0.000	0.000
8	232.700	100.000	0.000	25	6.746	93.480	1.704	42	0.196	0.000	0.000
9	188.947	100.000	0.000	26	5.477	91.777	1.891	43	0.159	0.000	0.000
10	153.420	100.000	0.000	27	4.447	89.885	2.090	44	0.129	0.000	0.000
11	124.573	100.000	0.006	28	3.611	87.796	2.136	45	0.105	0.000	0.000
12	101.150	99.994	0.026	29	2.932	85.659	2.061	46	0.085	0.000	0.000
13	82.131	99.969	0.061	30	2.381	83.598	2.214	47	0.069	0.000	0.000
14	66.689	99.908	0.093	31	1.933	81.384	2.763	48	0.056	0.000	0.000
15	54.149	99.815	0.112	32	1.570	78.621	3.080	49	0.046	0.000	0.000
16	43.968	99.703	0.132	33	1.275	75.541	3.009	50	0.037	0.000	0.000
17	35.701	99.571	0.189	34	1.035	72.531	6.223	51	0.030	0.000	0.000

Sampling Mode : Manual
Refractive Index : 1.60-0.10i
Signal Accumulation Count : 1
Interval (sec) : ___ Signal Averaging Count : 64
Max of Absorbance Range : 0.200
Min of Absorbance Range : 0.010
Ultrasonic Dispersion Time (sec) : ___
Waiting Time After Ultrasonic Dispersion(sec) : ___

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

جدول ٤- نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ٤ نمونه پودر کربنات کلسیم ضایعاتی

شماره نمونه	میانگین اندازه‌ی ذرّات (μm)	میانگین قطرمعادل طولی ذرّات (μm)	میانگین قطر معادل سطحی ذرّات (μm)	میانگین میانه‌ی ذرّات (μm)	میانگین فراوانی اندازه‌ی ذرّات (μm)	جذب روغن (g/100g) ASTM D281-95	چگالی (g/cm^3)	درخشندگی (%) (خشک)
۱	۰/٥٤٦-۰/۹۷٤	۰/٦۱٦	۰/۹۷٤	۰/٥۹۲	۰/٥٦۲	۳۰	۲/۷	۹۸
۲	۰/٥۳۳-۰/۹٦٤	۰/٦۰۹	۰/۹٦٤	۰/٥۷٦	۰/٥۲٤	۲۹	۲/۷	۹۷
۳	۰/٥۹۷-۱/۹۲٥	۰/۷٦۱	۱/۹۲٥	۰/۸۲٥	۰/٥٦۲	۳۱	۲/۷	۹۸
٤	۰/٥٦۰-۱/۸۳٥	۰/٦۸۸	۱/۸۳٥	۰/٦۹۱	۰/٥٦۲	۳۰	۲/۷	۹۷

شماره نمونه	سختی (Mohs)	رنگ پودر کربنات کلسیم	رطوبت(٪)	شکل ذرّات	درجه خلوص کربنات (٪)	اکسید منیزیم (٪)	اکسید آهن + اکسید آلومینیوم (٪)
۱	۲/٥	سفید	۰/۳۳	مکعبی	۹۹/۰۹۰	۰/۹٥	۰/۲۷
۲	۲/٦	سفید	۰/۱۷	مکعبی	۹۹/٤۳۱	۰/۷٦	۰/۰٥
۳	۲/۷	سفید	۰/۰٤	مکعبی	۹۹/۲۲٦	۰/۷۳	۰/۲۱
٤	۲/٦	سفید	۰/۰۲	مکعبی	۹۹/۲۹٤	۰/۷۹	۰/۲٦

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

پرکننده	میانگین اندازه‌ی ذرّات (µm)	توزیع اندازه‌ی ذرّات (µm)	شکل ذرّات	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	≥۸۸	≥۹٤/۵	≤۰/۷	≤۰/۳
کربنات کلسیم رسوبی	۰/۰۷ – ۱	۰/۱ – ۲	مکعبی کروی	۲/٦	۱۱–۲٦	۳۵–٤۰	≤۰/۵	۲/۵–۳	سفید	≥۸۸	≥۹٤/۵	≤۰/۷	≤۰/۳

اکسید منیزیم ۰/۸ درصد و جذب روغن ۳۰ گرم در۱۰۰ گرم و همچنین سختی ۲/٦ در مقیاس موس، چگالی ۲/۷ گرم برسانتیمتر مکعب و رنگ سفید، با خصوصیّات کربنات کلسیم استاندارد مورد استفاده در لاستیک (جدول ۵) تطابق کامل دارند.

۴-۲- بررّسی خواصّ فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده

خواصّ فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده با فرمولاسیون‌های مختلف در جدول ٦ ارائه شده است. با توجّه به مقادیر به‌دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده، مانند سختی، مقاومت کششی، ازدیاد طول تا حدّ پارگی و مدول ۳۰۰ درصد و مقایسه‌ی آن‌ها با مقادیر لاستیک استاندارد، می‌توان به این نتیجه رسید، که هر ٤ نمونه لاستیک ساخته شده با پرکننده‌ی کربنات کلسیم ضایعاتی، از استاندارد مورد قبولی برخوردار می‌باشند.

جدول ٦- خواصّ فیزیکی و مکانیکی لاستیک‌های ساخته شده با استفاده از پودر کربنات کلسیم ضایعاتی سنگبری‌های منطقه‌ی نیریز استان فارس

	خواصّ فیزیکی و مکانیکی				
کد نمونه	سختی (HD)	مقاومت کششی (Kg/Cm^2)	ازدیاد طول تا حدّ پارگی (٪)	مدول ۳۰۰٪ (Kg/Cm^2)
۱	٤۵	۲۲۰	۵۹۰	۷۰
۲	٤٦	۲۲۳	۵۸۵	۷۱
۳	٤۵	۲۱۹	۵۸۹	٦۹
٤	٤٤	۲۲۱	۵۹۲	۷۰
لاستیک استاندارد	٤۰±۵ ASTM D-2240	۱۵۰ -۳۰۰ ASTM D-412	۳۵۰ ASTM D-1456	> ٤۰ ASTM D-412

۵- نتیجه‌گیری

برای ساخت لاستیک، در استان فارس پودرهای حاصل از برش سنگ‌های چینی در سنگبری‌های منطقه‌ی نیریز، به‌عنوان مادّه‌ی پرکننده و یکی از موادّ اوّلیّه‌ی 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 خواصّ مطلوب، در حدّ استاندارد تهیّه گردید. نتایج نشان داد، که این پودرها با دانه‌بندی متوسّط ۱/۹۲۵–۰/۵۳۳ میکرون، میانگین قطر معادل طولی و سطحی به ترتیب ۰/٦٦۸ و۱/٤۲٤ میکرون، درجه‌خلوص متوسّط ۹۸/۸ درصد، رطوبت ۰/۰۲ درصد و جذب روغن ۳۰ گرم در ۱۰۰ گرم لاستیک و به‌طورکلّی مطابق با استاندارد کربنات کلسیم مورد استفاده در لاستیک، به‌عنوان یک پرکننده‌ی 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 تمام شده‌ی محصولات گردد.

تشکّر 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 ۳٤: ۹–۱.

صاحبیان سقّی، س.، زبرجد، س.م. و سجّادی، س. ع.، ۱۳۸۷، "اثر دما و نانو ذرّات کربنات کلسیم بر خواصّ کششی پلی اتیلن با چگالی متوسّط"، مجله‌ی علوم و تکنولوژی پلیمر، شماره ۲۱: ۱٤۰–۱۳۳.

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.*

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., Adebowale, 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 Engeerining 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", *3ed, 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