

## تهیه رنگدانه سرخ از باطله‌های معدن منگنز و نارچ قم

خالده طهماسبی پور<sup>۱\*</sup> و عباس فاضلی<sup>۱</sup>

گروه فرآوری و کاربرد مواد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۴/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۵/۰۹

### چکیده

معدن منگنز و نارچ در حدود ۳۰ کیلومتری جنوب خاور شهرستان قم واقع شده است. بخش چیره رخنمون‌های منطقه را سنگ‌های آذرآواری ائوسن میانی تا بالایی تشکیل می‌دهد. همچنین سنگ‌های رسوبی با سن الیگومیوسن روی این تشکیلات آتشفشانی ائوسن قرار می‌گیرند. به‌طور کلی در بیشتر معادن منگنز، خاک سرخ به‌همراه منگنز دیده می‌شود که از مهم‌ترین آنها می‌توان به منطقه نارچ، معدن دربند و معدن د کتر اشاره کرد. میزان ذخیره احتمالی خاک سرخ (باطله) این معادن به ترتیب ۵۷۶۰ و ۱۹۲۰ هزار تن است. از دو معدن د کتر و دربند نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها برای شناسایی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی، مورد آزمایش‌های XRF، XRD و مطالعات میکروسکوپی قرار گرفتند. سپس برای بالا بردن عیار ماده خام به ترتیب از آزمایش‌های تجزیه سردی خشک، تر و Scrubbing و همچنین برای طراحی تعداد آزمایش‌ها از روش تاکوچی استفاده شد. بدین ترتیب عیار ماده معدنی ۲۰ درصد افزایش یافت و رنگدانه‌ای با عیار ۷۰ درصد به‌دست آمد. برای تعیین کیفیت رنگدانه حاصل، آزمایش‌های جذب روغن، قدرت پوشاندگی و فام انجام پذیرفت. نتایج نشان می‌دهد که رنگدانه حاصل، کیفیت مطلوبی دارد.

**کلیدواژه‌ها:** خاک سرخ، نارچ، رنگدانه، جذب روغن، قدرت پوشاندگی، باطله

\* نویسنده مسئول: خالده طهماسبی پور

E-mail: K\_portahmasebi@yahoo.com

### ۱- مقدمه

اکسیدهای آهن به صورت طبیعی و مصنوعی تولید می‌شوند. رنگدانه‌های طبیعی از شستشو و خردایش خاک طبیعی و رنگدانه‌های مصنوعی از راه تجزیه حرارتی نمک‌های آهن، کاهیدگی (احیا) ترکیبات آلی به‌وسیله آهن و نهشت نمک‌های آهن حاصل می‌شوند.

اکسیدهای آهن در حالت طبیعی تنها کانی رنگی مهمی هستند که از آنها به‌عنوان رنگدانه استفاده می‌شود. خاک‌های رنگی، ترکیبی از اکسیدهای آهن به‌صورت هماتیت ( $Fe_2O_3$ )، لیمونیت ( $Fe(OH) \cdot XH_2O$ ) و مگنتیت ( $Fe_3O_4$ ) به‌همراه ناخالصی‌هایی همچون کانی‌های سیلیکاتی، آلومینا، اکسیدهای منگنز، تیتانیم، منیزیم و ... هستند. هماتیت به رنگ سرخ، لیمونیت به رنگ‌های زرد تا قهوه‌ای و نام‌های تجاری Ocher، Umber و Sienna و مگنتیت به رنگ سیاه، به ترتیب کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده خاک‌های سرخ، زرد و سیاه هستند (Carr, 1994).

### ۲- زمین‌شناسی معدن منگنز و نارچ و اندیس‌های خاک سرخ

معدن منگنز و نارچ در حدود ۳۰ کیلومتری جنوب باختر شهرستان قم واقع شده است. بخش اصلی رخنمون‌های منطقه را سنگ‌های آذرآواری ائوسن میانی تا بالایی تشکیل می‌دهد که عبارتند از: توف، توفیت، توف شیلی و سیلتی، توف برش، گدازه‌های آندزیت بازالتی اسپیلیتی شده و گدازه‌های اسپیلیتی که ساختمان بالشی دارند. همچنین سنگ‌های رسوبی با سن الیگومیوسن شامل آهک، مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا، بیشتر بر روی تشکیلات آتشفشانی ائوسن قرار گرفته‌اند. توف‌ها و مواد آذرآواری غنی از اکسید آهن و کم و بیش اکسید منگنز هستند به‌طوری که اکسید آهن و منگنز به‌صورت هم‌نهشت و از لایه‌هایی با ستبرای متفاوت از چند سانتی‌متر تا حدود ۲ متر درون رسوبات آواری مشاهده می‌شوند. وضعیت لایه‌های افق‌های منگنز و آهن، چینه‌بندی مشخص و هم‌شیبی با لایه‌های زیرین و بالایی، دلالت بر تشکیل آهن و منگنز به صورت هم‌زاد با ردیف رسوبات آتشفشانی و آواری دارد (اداره کل معادن و فلزات استان قم، ۱۳۷۸).

در گذشته، همراه با استخراج منگنز، خاک سرخ نیز استخراج و دپو می‌شد (حدود ۱۰۰ هزار تن)؛ هم‌اکنون، به‌دلیل استخراج معادن و نارچ با روش کند و آکند

(به‌دلیل ستبرای و پایداری افق خاک سرخ) و جلوگیری از صرف هزینه‌های اضافی، خاک سرخ پس از استخراج منگنز بر جا می‌ماند.

مهم‌ترین معدنی که ذخایر خاک سرخ دپوشده قابل توجهی دارند شامل معدن د کتر و دربند است. در معدن دربند، افق‌های منگنز که ستبرای قابل توجهی داشته، بهره‌برداری شده و در سطح، فقط خاک سرخ قابل تشخیص است. افق اصلی خاک سرخ، میان لایه‌های توفیتی در پایین و سیلتستونی-توفی در بالا قرار دارد و در بخش‌های جنوب خاوری، کمر پایین آن آندزیت-بازالت و آندزیت پورفیری است. خاک سرخ در این ناحیه، محدود به یک افق نیست و به‌صورت چند افق مجزا با ستبراهای مختلف است. ستبرای لایه اصلی خاک سرخ در این معدن، حدود ۸ متر و طول آن حدود ۶۰۰ متر است. با در نظر گرفتن ژرفای ماده معدنی (۳۰۰ متر) و وزن مخصوص خاک سرخ (۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) می‌توان میزان ذخیره احتمالی این معدن را ۵۷۶۰ هزار تن برآورد کرد (شرکت مهندسی مشاور کاوشگران، ۱۳۷۲). در معدن د کتر، محدوده گسترش منگنز نسبت به خاک سرخ بیشتر است و ستبرای افق خاک سرخ در مقایسه با معدن دربند کمتر است. مهم‌ترین افق خاک سرخ در بخش باختری منطقه، طولی حدود ۲۰۰ متر دارد و میان لایه‌های آندزیت-بازالت و آندزیت پورفیری در پایین و لایه‌های نازکی از سیلتستون توفی در بالای محدوده است. ذخیره احتمالی ماده معدنی با توجه به ستبرای حدود ۸ متر و ژرفای حدود ۳۰۰ متر، ۱۹۲۰ هزار تن برآورد شده است (شرکت مهندسی مشاور کاوشگران، ۱۳۷۲).

### ۳- مواد و روش‌ها

#### ۳-۱. شناسایی ماده اولیه

برای شناسایی ماده معدنی، پرعیارسازی و تهیه رنگدانه از خاک سرخ، ۴ نمونه از دو معدن د کتر و دربند برداشت شد (نمونه‌های ۱ و ۲ مربوط به معدن دربند و نمونه‌های ۳ و ۴ مربوط به معدن د کتر).

برای شناسایی ماده معدنی خام، آزمایش‌های XRF، XRD و وزن مخصوص صورت گرفت که نتایج آن به ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. نتایج آزمایش XRD نشان می‌دهد که کانی آهن‌دار خاک سرخ و نارچ قم، هماتیت

به ترتیب بر اساس استاندارد  $D_{281}-95ASTM(2002)$  و  $D_{2805}-96ASTM(2002)$  در پژوهشکده رنگ انجام شد که جدول ۱۵ و شکل ۳ نتایج آن را نشان می‌دهند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

- کانی اصلی تشکیل‌دهنده ماده معدنی خاک سرخ ونارچ قم هماتیت است که با مقادیر ناخالصی از قبیل سیلیس و کلسیت همراه بوده است و میانگین عیار آن از ۵۱ تا ۶۶ درصد متغیر است.

- محصولات تجزیه سرندي تر نسبت به خشک از عیار بالاتری برخوردار هستند.

- با انجام آزمایشات Scrubbing، ۱۴ درصد به عیار ماده خام اضافه شد.

- با بهینه‌سازی آزمایشات Scrubbing به روش تاکوچی، عیار ماده خام تا حدود ۲۰ درصد افزایش یافت.

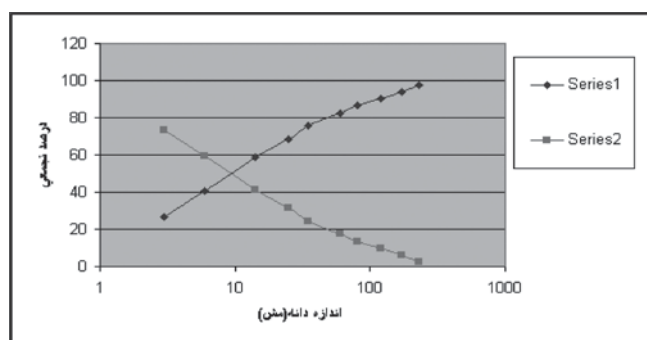
- پس از انجام آزمایشات تعیین کیفیت رنگدانه مشخص شد که نمونه پرعیار شده و نمونه خام (تغلیظ نشده خاک شماره ۴) به ترتیب نسبت به نمونه مرجع از کیفیت بالا و از نظر قدرت پوشاندگی و جذب روغن دارای کیفیت متوسط است.

- فام نمونه مرجع مایل به رنگ سرخ است ولی فام نمونه‌های تهیه شده متمایل به قهوه‌ای است که این تفاوت، نشان‌دهنده کیفیت نامطلوب رنگدانه نیست بلکه ناشی از اختلاف نوع بلور شناسی (کریستالوگرافی) است.

- نتایج آزمایش‌های فام، جذب روغن و قدرت پوشاندگی نشان می‌دهد که رنگدانه کیفیت مطلوبی دارد و پیشنهاد می‌شود که مطالعات در سطح نیمه‌صنعتی ادامه یابد.

#### ۵- سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس میرزا آقا محمدی برای ارائه و اعمال روش تاکوچی و همچنین از جناب آقای مهندس فتح ا... مصوری برای مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی نهایت تشکر را داریم.



شکل ۱- تجزیه سرندي خشک نمونه شماره یک

جدول ۱- نتایج XRD نمونه های ۱ تا ۴

نمونه	نوع کانی
۱	هماتیت، کوارتز، کلسیت، کانی‌های رسی
۲	هماتیت، کوارتز، کلسیت، فلدسپار
۳	هماتیت، کوارتز، کلسیت
۴	هماتیت، کوارتز، کلسیت

است که با ناخالصی‌هایی همچون کوارتز و کانی‌های رسی همراه است. همچنین با توجه به نتایج XRF، میزان اکسید آهن نمونه‌ها از دست کم ۵۱/۲۴ تا حداکثر ۶۶/۱۸ درصد متغیر است.

#### ۳-۲. پرعیار سازی

برای پرعیار سازی با هزینه کم و بالا بردن عیار ماده معدنی تا حدود ۷۰ درصد که مناسب تهیه رنگدانه از آن است، از تجزیه سرندي تر و خشک و فرایند Scrubbing با استفاده از دستگاه شرکت WEMCO و برای طراحی تعداد آزمایش‌ها از روش تاکوچی استفاده شد (Roy, 2001).

ابتدا بر روی نمونه ۱ خاک سرخ معدن دریند تجزیه سرندي خشک انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۵ و شکل ۱ نشان داده شده است. برای نشان دادن تأثیر تجزیه سرندي خشک در بالا بردن عیار  $Fe_2O_3$  برخی از محصولات تجزیه سرندي خشک مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۶ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که این عمل تأثیر کمی در تغلیظ  $Fe_2O_3$  در برخی دانه‌بندی‌ها داشته است؛ بنابراین برای جدایش بیشتر، از آزمایش تجزیه سرندي تر استفاده شد که جدول‌های ۷ و ۸ و شکل ۲، نتایج آن را نشان می‌دهد. مقایسه نتایج دو نوع تجزیه سرندي نشان می‌دهد که محصول تجزیه سرندي تر نسبت به خشک عیار بالاتری دارد. بدین معنی که با انجام عمل شستشو می‌توان درصد آهن بیشتری را جدا کرد.

در ادامه کار، برای بالا بردن عیار خاک سرخ از فرایند Scrubbing در دو مرحله با مدت زمان نیم ساعت در هر دو مرحله، غلظت پالپ ۶۰٪ در مرحله اول و ۵۴٪ در مرحله دوم و دور شدت بالا در مرحله اول و شدت پایین در مرحله دوم استفاده شد که نتایج آن در جدول ۹ بیان شده است. نتایج نشان می‌دهد که با تغییر در شدت دوران پالپ، نتایج بهتری حاصل می‌شود (عیار از ۶۸ درصد به ۷۲ درصد می‌رسد). بنابراین ممکن است با تغییر موارد دیگری چون اندازه ذره، زمان چرخش و غلظت پالپ، به نتایج بهتری دست یافت. از آنجایی که تغییر این متغیرها با افزایش تعداد آزمایش‌ها و صرف هزینه و زمان بیشتری همراه است، برای صرفه‌جویی و کسب نتایج بهتر، از طراحی آزمایش به روش تاکوچی استفاده شد. در این روش سه متغیر در نظر گرفته و سه سطح تعریف شد که جدول ۱۰ اطلاعات آن را نشان می‌دهد. بر اساس این روش، ۹ نوع آزمایش Scrubbing با شرایط تعریف شده در جدول ۱۰ انجام پذیرفت که نتایج آن در جدول ۱۱ آورده شده است. آزمایش‌ها با توجه به تعداد عوامل و سطوح آرایه  $L_9$  انتخاب شد و بر این اساس، به‌طور تصادفی انجام شد. سطوح میانگین عوامل، محاسبه و تأثیر اصلی آنها به‌دست آمد که نمودار آن در شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. سپس جدول Anova تشکیل و آزمون معنی‌داری به روش Pooling انجام شد. بر اساس این آزمون، تنها اندازه ذرات و RPM، تأثیر معنی‌داری داشتند. با استفاده از آزمون Pooling شرایط بهینه که عبارتند از دانه‌بندی (۲۵ + ۱۲-) و (۴۰۰) RPM به‌دست آمد. در این شرایط، متغیر پاسخ همان عیار آهن ۶۶/۱۳٪ است و پس از انجام بازیابی کفایت مدل، فاصله اطمینان  $\pm 62$  به‌دست آمد (۶۷/۷۵٪ - ۶۴/۵۲٪). آزمایش ۲ انجام شده مطابق با شرایط بهینه بوده است که عیار آهن در آن (۶۵/۴۸٪) در فاصله اطمینان قرار می‌گیرد. برای اطمینان، آزمایش دیگری در شرایط بهینه انجام شد و مقدار عیار آهن ۶۷/۶٪ به‌دست آمد که این مقدار نیز در بازه اطمینان قرار می‌گیرد. بنابراین نتایج به‌دست آمده از طرح، معتبر است.

#### ۳-۳. تهیه رنگدانه

پس از انجام عملیات پرعیار سازی، رنگدانه‌ای با عیار ۷۰ درصد تهیه شد. بر روی این رنگدانه و رنگدانه خام تغلیظ نشده (خاک شماره ۴) که ترکیب آن در جدول ۱۴ نشان داده شده است. آزمایشات جذب روغن و قدرت پوشاندگی و فام رنگدانه

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های ۱ تا ۴

L.O.I	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	نمونه
۳/۹۴	-	۱/۰۷	-	۰/۴۵	۳/۳۵	۳/۷۳	۶۱/۵۰	۲/۳۱	۲۳/۱۰	۱
۲/۶۵	۰/۲۶	۱/۵۷	۰/۳۲	۰/۹۲	۲/۱۷	۱/۰	۵۷/۸۸	۵/۶۲	۲۶/۶۴	۲
۴/۱۰	۰/۲۷	۱/۴۷	۰/۳۵	۰/۸۰	۳/۵۸	۲/۹۶	۵۱/۲۴	۵/۱۴	۲۹/۰۸	۳
۳/۴۲	۰/۱۹	۰/۹۹	۰/۲۴	۰/۷۷	۳/۵۱	۲/۸۷	۶۶/۱۸	۳/۶۸	۱۶/۹۲	۴

جدول ۳- وزن مخصوص نمونه‌های ۱ تا ۴

وزن مخصوص gr/cm <sup>3</sup>	نمونه
۴/۰۰	۱
۳/۸۸	۲
۳/۷۴	۳
۴/۱۱	۴

جدول ۴- نتیجه مطالعه میکروسکوپی کانستگ معدن دکتر

شماره	نوع کانی	درصد
۱	اکسیدهای آبدار آهن شامل گوتیت - لیمونیت	۷۵-۸۰
۲	سیلیس به صورت کلسون، کوارتز ریز بلور، درشت بلور	۲۵-۳۰
۳	هماتیت	۲-۳
۴	کلسیت	۱-۲

جدول ۵- نتایج تجزیه سرندي خشک خاک سرخ نمونه

اندازه الک (مش)	وزن (گرم)	درصد وزنی	درصد تجمعی	
			عبور کرده	باقیمانده
۳	۳۲۳	۲۶/۵	۷۳/۵	۲۶/۵
۶	۱۶۸	۱۴	۵۹/۵	۴۰/۵
۱۴	۲۲۵	۱۸	۴۱/۵	۵۸/۵
۲۵	۱۲۷	۱۰	۳۱/۵	۶۸/۵
۳۵	۸۵	۷	۲۴/۵	۷۵/۵
۶۰	۸۷	۷	۱۷/۵	۸۲/۵
۸۰	۴۶	۴	۱۳/۵	۸۶/۵
۱۲۰	۴۶	۴	۹/۵	۹۰/۵
۱۷۰	۴۱	۳/۵	۶	۹۴
۲۳۰	۴۱	۳/۵	۲/۵	۹۷/۵
۲۳۰	۳	۲/۵	۱۰۰	
جمع	۱۲۱۹	۱۰۰		

جدول ۶- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های برگزیده از تجزیه سرندي خشک

نوع الک	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MnO	جمع
	درصدوزنی	عیار	توزیع					
+۱۴	۲/۵۶	۶۰	۵۴/۶	۹۱/۱	۳/۷۴	۲/۰۷	۳/۸۶	۸۸/۷۷
+۳۵	۳/۲۱	۶۴	۲۲/۱	۱۸/۵۱	۳/۲۷	۱/۸۳	۳/۷	۹۱/۳۱
+۸۰	۱۱/۵	۶۵	۱۲/۱	۱۷/۹۴	۳/۵۴	۲/۰۲	۳/۵۴	۹۲/۰۴
+۱۷۰	۲/۱۰	۶۳/۵	۱۰/۴۸	۱۸/۲۷	۳/۸۰	۲/۲۴	۳/۴۹	۹۱/۳۰
-۲۳۰	۰/۸	۶۲	۰/۸	۲۰/۰۴	۳/۷۶	۲/۱۳	۲/۸۷	۹۰/۸

جدول ۷- نتایج تجزیه سرندي تر نمونه‌ای از خاک شماره ۱

اندازه الک (مش)	وزن (گرم)	درصد وزنی	درصد تجمعی	
			عبور کرده	باقیمانده
۱۴	۴۷۰	۳۷/۳۹	۳۷/۳۹	۶۲/۶۱
۴۵	۱۷۵	۱۳/۹۲	۵۱/۳۱	۴۸/۶۹
۲۰۰	۱۴۲	۱۱/۳	۶۲/۶۱	۳۷/۳۹
-۲۰۰	۴۷۰	۳۷/۲۹	۱۰۰	
جمع	۱۲۵۷	۱۰۰		

جدول ۸- تجزیه شیمیایی و وزن مخصوص نمونه‌ای از خاک شماره ۱ حاصل از تجزیه سرندي

اندازه الک	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MnO	وزن مخصوص
	درصد وزنی	عیار	توزیع					
+۱۴	۳۷/۴	۶۰	۴/۳۵	۲۳/۷۷	۴/۸۳	۳/۵۶	۶/۱۹	۳/۹۷
+۴۵	۱۳/۹۲	۵۵	۱۲/۰۶	۲۰/۳۷	۴/۷۵	۲/۶۱	۴/۹۸	۳/۸۸
+۲۰۰	۱۱/۲۹	۵۷	۱۰/۱۴	۲۰/۸۵	۴/۸۶	۲/۶۲	۳/۹۶	۳/۹۲
-۲۰۰	۳۷/۳۹	۷۲	۴۲/۴۲	۱۷/۱	۳/۲	۱/۰۲	۱/۸۳	۴/۴۳

جدول ۹- تجزیه شیمیایی نمونه‌های حاصل از انجام اولین و دومین عمل Scrubbing

نوع الک	اولین عمل Scrubbing		دومین عمل Scrubbing	
	+۳۲۵#	-۳۲۵#	+۳۲۵#	-۳۲۵#
درصد وزنی	۶۲	۳۸	۶۵/۸	۳۴/۲۸
توزیع	۴۸/۴۳	۵۱/۵۷	۶۰/۶۲	۴۰/۵۵
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳۹/۱۴	۶۸	۵۶/۲۰	۷۲/۱۷
SiO <sub>2</sub>	۲۴/۲۹	۱۶/۸۷	۱۹/۶۰	۱۵/۹۳
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۶/۱۶	۳/۶۲	۴/۶۹	۳/۰۱
CaO	۳/۴۴	۰/۹۹	۴/۶۲	۱/۷۱
MnO	۹/۳۶	۲/۴۸	۵/۸۷	-

جدول ۱۰- دامنه تغییر متغیرهای مؤثر بر تغییرات عیار خاک سرخ به روش تاکوچی

Factor	Level 1	Level 2	Level 3
Solid Percent	۴۵	۵۵	۶۵
Size (مش)	-۶+۱۲	-۱۲+۲۵	-۲۵
RPM	۲۰۰	۴۰۰	۶۰
Time (دقیقه)	۱۰	۲۰	۳۰

\* RPM = Rotations per minute

جدول ۱۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه خام و نمونه‌های زیر الک ۴۰۰ آزمایش انجام شده به روش تاکوچی نمونه‌های زیر الک ۴۰۰ مش

اکسیدها (درصد)	نمونه خام # روی الک	۱	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۵۱/۲۴	۵۷/۶	۶۵/۴۸	۶۵/۲	۶۲/۸	۶۵/۵	۶۲/۹۸	۶۲	۶۴/۵	۶۵
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۵/۱۴	۵/۰۷	۳/۵	۳/۷۵	۴/۳	۳/۶	۴/۳	۴/۴	۳/۸۴	۳/۷۳
SiO <sub>2</sub>	۲۹/۰۸	۳۱	۲۱/۵	۲۱/۶	۲۲	۲۱	۲۳/۸	۲۲/۵	۲۲	۲۲/۳
MnO	۲/۹۶	۰/۶۴	۰/۸	۰/۸۲	۱/۰۵	۰/۷۸	۰/۸۲	۱/۰۱	۱/۲	۰/۷۸
MgO	۰/۸۰	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۶
CaO	۳/۵۸	۱/۰۶	۰/۶۸	۰/۷۶	۱/۲۲	۰/۷۸	۰/۸۲	۱/۳۳	۱/۲۲	۰/۶۶
K <sub>2</sub> O	۱/۴۷	۱/۵	۰/۸	۰/۸۴	۱/۰۲	۰/۸۸	۱/۲	۱/۱	۰/۸۶	۰/۹۸
TiO <sub>2</sub>	۰/۲۷	۰/۳	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲	۰/۱۸	۰/۱۷
L.O.I	۴/۱۰	۳/۶	۲/۹۴	۳/۱	۳/۹۶	۳	۳/۱	۴/۱	۲	۲/۹

جدول ۱۲- ویژگی‌های آزمایش در نقطه بهینه

Solid percent	Grain Size	RPM	Time
*۱	*۲	۲	۱

1\*= Level 1

2\*= Level 2

جدول ۱۳- نتیجه تجزیه شیمیایی آزمایش نقطه بهینه

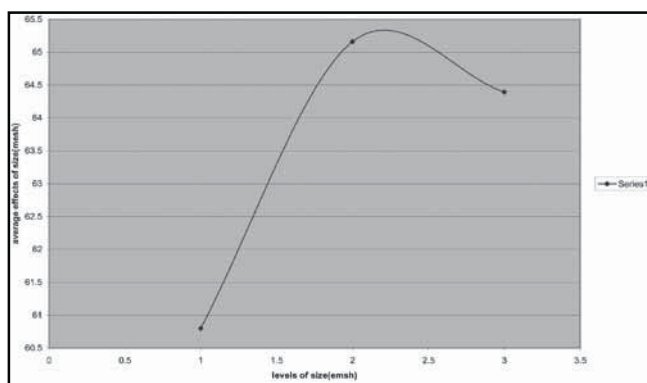
نمونه زیر الک ۴۰۰ مش	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	L.O.I
	۶۷/۶	۲۰/۰۸	۳/۵۷	۰/۸۰	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۶۴	۰/۱۹	۰/۱۸	۱/۹۷

جدول ۱۴- ترکیب شیمیایی دو رنگدانه تهیه شده از عملیات فرآوری (درصد)

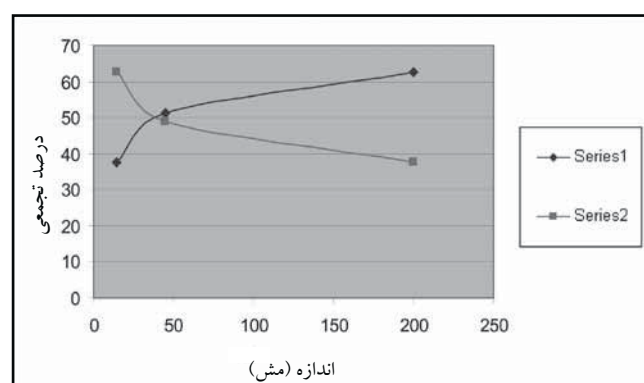
L.O.I	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	MnO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ردیف
۱/۹۷	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۷۴	۰/۸۰	۲۰/۰۸	۳/۵۷	۷۰	۱
۳/۴۲	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۹۹	۰/۷۷	۳/۵۱	۲/۸۷	۳/۶۸	۱۶/۹۲	۶۶/۱۸	۲

جدول ۱۵- نتایج جذب روغن و قدرت پوشاندگی دو رنگدانه طبیعی تغلیظ شده و خام

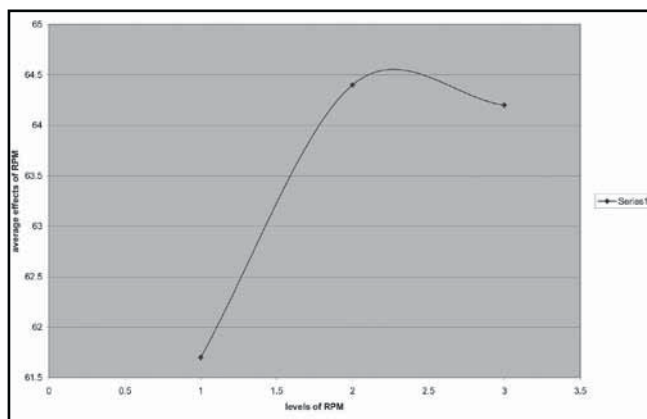
قدرت پوشاندگی (نسبت بتائین)	جذب روغن رنگدانه Gr/100gr	نمونه
۹۷/۶۳۹	۳۷/۲	۱
۷۳/۷۷۱	۳۷/۲	۲
۷۱/۳۲۴	۳۷/۲	مرجع



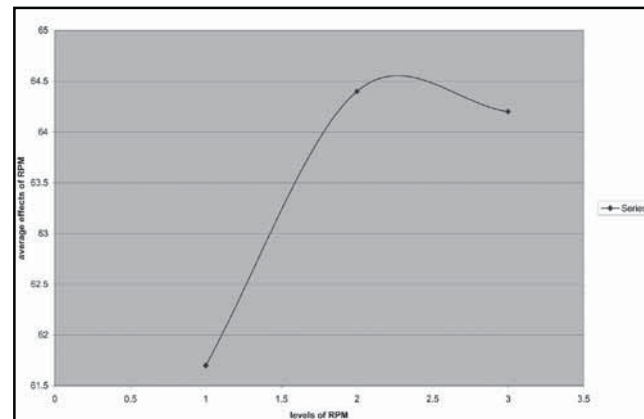
شکل ۳- نمودار درصد جامد



شکل ۲- تجزیه سرنندی تر خاک سرخ نمونه شماره ۱



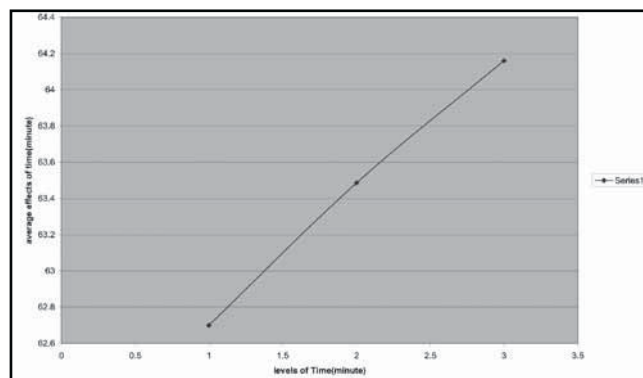
شکل ۵- نمودار سرعت چرخش



شکل ۴- نمودار اندازه دانه



شکل ۷- فام نمونه مرجع نمونه شماره ۱ و ۲



شکل ۶- نمودار زمان

### کتابنگاری

شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، ۱۳۷۲- بررسی و ارزیابی نتایج اکتشافی معادن و کانسارهای ونارچ قم.  
اداره کل معادن و فلزات استان قم، ۱۳۷۸- گزارش مقدماتی خاک سرخ استان قم. مشاور طرح: موسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران.

### References

- Carr, D. D., 1994- Industrial Minerals & Rocks – Pigment, Society for Mining Metallurgy & exploration, 6th edition America Indiana, Volume 2-575 , P: 655-781
- Lewis, P. A., 1988– Pigment handbook, Properties & economics, second edition, John Wiley & Sons, volume 1-P: 281-286
- Roy, R. K., 2001- design of Experiments Using the Taguchi Approach, Wiley-InterScience Publication