



NAISL

Quarterly, 2018

Volume 2, Number 2

Pages 5 – 11

Print ISSN: 2588-6401

Online ISSN: 2588-641X

Tools of Controlling Quality of Mining Products

Nima Babanouri^{1*} and Mahdi Efrati²

Abstract

Quality control is inevitably carried out in mining industries. In this research, methods of controlling the quality of mining products were reviewed. The parameters of size, assay, and moisture percent were investigated due to their importance. Static and dynamic light scattering technologies were introduced as state-of-the-art methods of particle sizing. Non-destructive methods of instrumental analysis were explained for assaying. A moisture analyzer with the latest in weighing technology and super hybrid sensor was also introduced.

Key Words

Quality control,
Measurement methods,
Mining products,
Assay,
Particle sizing,
Moisture percent

(*) Coresponding Author.

1. Assitant Professor, Department of Mining Engineering, Hamedan University of Technology, Hamedan, Iran.

E-mail: babanouri@hut.ac.ir

Tel: +98-81-38411421

2. B.Sc. Graduate, Department of Mining Engineering, Hamedan University of Technology, Hamedan, Iran.

Email: mahdi_effratii@yahoo.com

Tel.: +989353823530



نشریه رویکردهای نوین در
آزمایشگاه‌های علمی ایران
سال دوم، شماره ۲
صفحات ۱۱ - ۵، ۱۳۹۷
شاپای چاپی: ۶۴۰۱-۲۵۸۸
شاپای الکترونیکی: ۶۴۱۸-۲۵۸۸

ابزارهای کنترل کیفیت محصولات معدنی

نیما بابانوری^{۱*} و مهدی عفراتی^۲

کنترل کیفیت در صنایع معدنی امری اجتناب ناپذیر و ضروری است. در این مقاله به بررسی روش‌های اندازه‌گیری و کنترل کیفیت پارامترهای مهم محصولات معدنی پرداخته شد. سه پارامتر مهم دانه‌بندی، عیار و درصد رطوبت که برای طیف گسترده‌ای از محصولات معدنی حائز اهمیت هستند مد نظر قرار گرفت. برای تعیین دانه‌بندی، تکنولوژی پراکندگی استاتیکی نور مبتنی بر پرتو لیزر همگرا معرفی شد. روش‌های غیرمخرب تجزیه دستگاهی برای سنجش عیار تشریح شدند. برای اندازه‌گیری درصد رطوبت محصولات معدنی یکی از دستگاه‌های جدید به نام ترازوی رطوبت‌سنج معرفی شد و اساس کار این ترازو و قابلیت‌های آن توضیح داده شد.

چکیده



مهدی عفراتی

نیما بابانوری

واژگان کلیدی

کنترل کیفیت،
روش‌های اندازه‌گیری،
عیارسنجی،
دانه‌بندی،
درصد رطوبت

(* مسئول مکاتبات.

۱. استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی همدان، همدان، ایران.

ایمیل: babanouri@hut.ac.ir

تلفن: ۰۸۱-۳۸۴۱۱۴۲۱

۲. دانش‌آموخته کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی همدان، همدان، ایران.

ایمیل: mahdi_effrati@yahoo.com

تلفن: ۰۹۳۵۳۸۲۳۵۳۰

پرتو لیزر همگرا ارائه شده است به عنوان یک استاندارد بین‌المللی شناخته می‌شود. برخی انواع دستگاه از تکنولوژی پراکندگی دینامیکی^۲ نور برای تعیین توزیع اندازه ذرات بهره می‌گیرد. در گونه دیگری از این دستگاه‌ها به منظور کنترل کیفیت سریع و آسان، از تکنولوژی آنالیز دینامیکی تصویر استفاده شده است (شکل ۱).

ویژگی‌های تکنولوژی پراکندگی استاتیکی به شرح ذیل می‌باشد [۹]:



شکل ۱: انواع دستگاه‌های لیزری برای اندازه‌گیری دانه‌بندی [۱۰].

- طراحی واحدی^۳: دستگاه دارای یک قسمت اندازه‌گیری است که به سرعت و آسانی با واحدهای تفرق^۴ خشک و تر ترکیب می‌شود. این طراحی سبب می‌شود که بتوان بسته به نیاز، واحدهای دلخواه را تهیه کرد.
- قابلیت انتخاب سریع و عملی واحدهای تفرق: تنها با تعویض ساده کارتریج حاوی سلول اندازه‌گیری، می‌توان به سرعت واحدهای تفرق تر یا خشک را انتخاب نمود.
- زمان اندازه‌گیری کوتاه: بیشتر اندازه‌گیری‌ها را در کمتر از

^۱Static Light Scattering (SLS)
^۲Dynamic Light Scattering (DLS)
^۳Modular Design
^۴Dispersion

کنترل کیفیت به مجموعه عملیاتی نظیر اندازه‌گیری یا آزمون روی یک محصول یا کالا به منظور مشخص شدن مطابقت محصول با مشخصات فنی مورد نظر اطلاق می‌شود [۷]. با توجه به سهم ۶ درصدی معدن و صنایع معدنی در تولید ناخالص ملی، کنترل کیفیت محصولات این حوزه از اهمیت بسزایی برخوردار است. با این حال، شواهد حاکی از آن است که ابزارها و روش‌های مورد استفاده برای کنترل کیفیت محصولات معدنی در ایران مناسب و به روز نیستند. هدف از این مقاله، معرفی و بررسی تعدادی از روش‌های نوین در این زمینه است. گام اول در کنترل کیفیت، اندازه‌گیری صحیح، دقیق، و به موقع ویژگی‌های محصول است. برای این منظور، سه پارامتر مهم دانه‌بندی، عیار و درصد رطوبت که برای طیف گسترده‌ای از محصولات معدنی حائز اهمیت هستند و بیشتر مورد توجه مشتریان قرار دارند مد نظر قرار گرفت و به روش‌های نوین اندازه‌گیری آنها پراخته شد.

۲ دانه‌بندی

به طور معمول اندازه دانه‌های یک سنگ‌دانه یا پودر بسیار متنوع است. به رابطه بین درصد وزنی یا حجمی و اندازه دانه‌ها، توزیع اندازه دانه یا دانه‌بندی گفته می‌شود. این خصوصیت می‌تواند به صورت جدول، معادله ریاضی، نمودار ستونی و یا منحنی دانه‌بندی بیان شود. به طور سنتی، از آزمون دانه‌بندی [۱] برای تعیین این پارامتر استفاده می‌شود. دانه‌بندی در صنایع متعددی نظیر راه‌آهن، راه‌سازی، تولید سیمان، کارخانه‌های آسفالت‌سازی، کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی و کنسانتره حائز اهمیت می‌باشد. دانه‌بندی بر همگن بودن، اختلاط صحیح با سایر مواد اولیه، دادن واکنش‌های مورد نظر برای رسیدن به محصول دلخواه و قیمت تمام شده تأثیر عمده‌ای دارد. همچنین برخی واحدها به خاطر نداشتن تجهیزات خردایش مجدد با محدودیت‌هایی در رابطه با دانه‌بندی روبه‌رو هستند [۶]. استانداردهای ملی شماره ۴۹۷۷ و ۴۹۸۴ مربوط به تعیین دانه‌بندی می‌باشند. با این حال، روش‌های نوینی برای اندازه‌گیری دانه‌بندی ارائه شده است که در ادامه به معرفی آن‌ها پرداخته می‌شود. تکنولوژی پراکندگی استاتیکی^۱ نور مبتنی بر



مقالات علمی

یک دقیقه انجام می‌دهد و پس از اتمام آنالیز، بلافاصله آماده اندازه‌گیری مجدد می‌باشد.

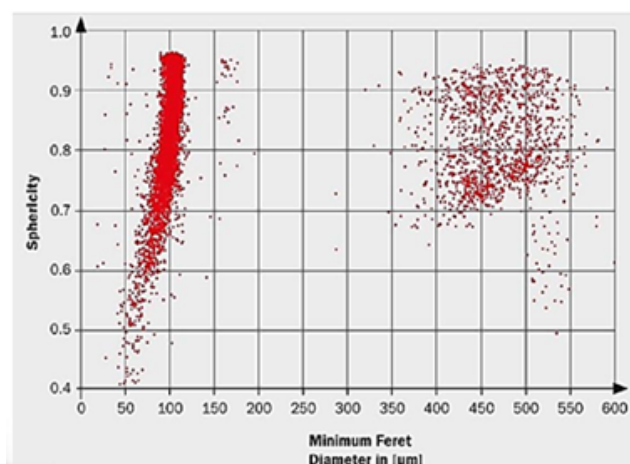
- آنالیز تمام اتوماتیک: کلیه نتایج به صورت سازمان یافته، قابل گزارش‌گیری، ذخیره‌سازی و یا مشاهده مستقیم بر روی صفحه نمایش می‌باشند.
- محدوده اندازه‌گیری ۲۰۰۰ - ۰/۸ میکرومتر
- دقت اندازه‌گیری بالا با ۱۰۸ کانال آنالیز
- استفاده از تکنولوژی دو لیزری برای پراش مستقیم
- تعویض سریع بین اندازه‌گیری تر و خشک

در این دستگاه برای اندازه‌گیری ذرات ریز از یک لیزر نیمه‌هادی سبز استفاده می‌شود. این در حالی است که لیزر نیمه‌هادی مادون قرمز، اندازه‌گیری محدوده ذرات بزرگ‌تر را پوشش می‌دهد. هر دو لیزر قادرند به شکلی بهینه، سریع، اتوماتیک و جدا از یکدیگر کار کنند. برای تمامی کاربردهایی که علاوه بر اندازه ذرات، شکل آن‌ها نیز بر خواص محصول تاثیرگذار است، می‌توان از دستگاه مبتنی بر تکنولوژی آنالیز دینامیکی استفاده کرد. همچنین دستگاه به شکل اتوماتیک قادر است ۳۰ تصویر در ثانیه تهیه کند و در مقایسه با میکروسکوپ، به جای تنها یک تصویر، تعداد زیادی تصویر ذخیره و مورد ارزیابی قرار دهد. نمونه در طول فرآیند کاملاً دست نخورده باقی می‌ماند و تخریب نمی‌شود. هر ذره را به عنوان داده نقطه‌ای در نرم‌افزار همراه دستگاه به وضوح نمایش داده می‌شود (شکل ۲). از آنجایی که شکل پیچیده هر ذره را نمی‌توان با یک تصویر ساده نمایش داد، نرم‌افزار ISS دستگاه ANALYSETTE 28، کتابخانه جامعی از پارامترهای مورفولوژیک را ارائه کرده است که به وسیله انتخاب پارامترهای شکل موجود در آن می‌توان آنالیزی بسیار ساده و انعطاف‌پذیر را تجربه نمود.

۳ عیار

به درصد وزنی فلز یا ترکیب مورد نظر در یک محصول معدنی عیار گفته می‌شود. از دیدگاه اقتصادی به محتوی محصول قابل فروش در محصول نهایی عیار اطلاق می‌شود [۳]. شاخص عیار در صنایع مختلف دارای

اهمیت زیادی می‌باشد؛ به عنوان مثال عیار آهن و فلزات پایه در صنایع متالورژی به عنوان ماده اولیه مورد توجه صنعت‌گران قرار می‌گیرد [۴]. در مورد مواد غیر فلزی یا همان کانی‌های صنعتی نیز تقریباً تمامی صنایع مهم اقتصادی مانند صنایع شیمیایی، کشاورزی، ساختمان، سرامیک، ذوب فلزات و حتی پزشکی، تماماً به گونه‌ای با عیار مواد معدنی سروکار دارند. استانداردهای ملی برای اندازه‌گیری عیار شماره‌های ۹۷۷، ۱۶۴۶۷، ۱۶۴۶۶، ۱۶۴۱۰ و ۱۴۵۵۰ می‌باشند.

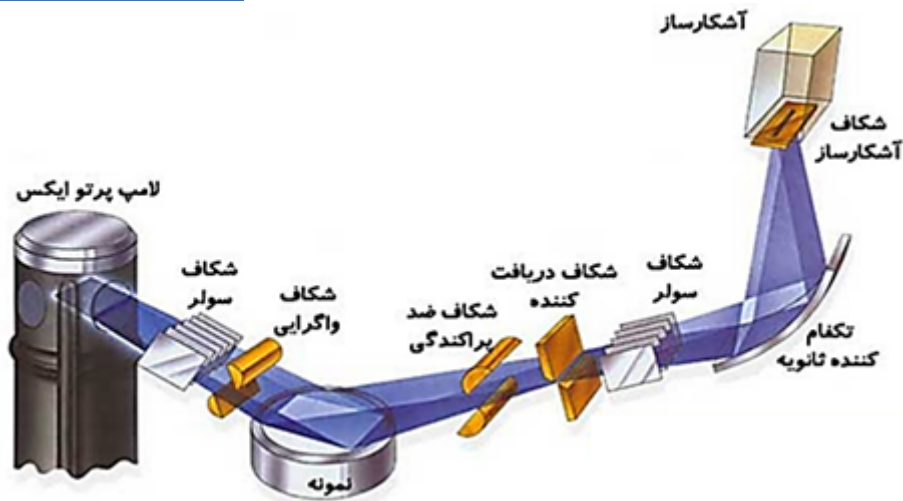


شکل ۲: نحوه آنالیز شکل و اندازه ذرات توسط ANALYSETTE 28 [۱۰].

استانداردهای فوق عمدتاً مبتنی بر روش‌های سنتی هستند، اما برای آنالیز و تعیین عیار مواد معدنی مختلف روش‌های نوینی نظیر

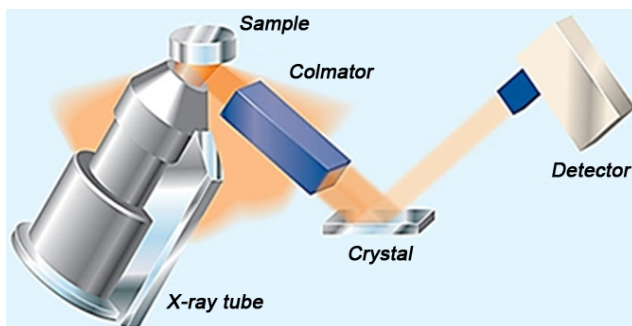
^۱X-Ray Powder Diffraction (XRD)

^۲X-Ray Fluorescence (XRF)



شکل ۳: اساس کار دستگاه XRD [۶].

برای جبران الکترون خارج شده از اتم، الکترونی از ترازهای بالاتر به سمت ترازهای پایین‌تر (انرژی کمتر) منتقل می‌شود. در این انتقالات اتمی، مازاد انرژی الکترون‌ها (از تراز پر انرژی‌تر به تراز کم انرژی‌تر) به صورت امواج اشعه ایکس ساطع می‌گردد. این تشعشعات X که طول موج‌های مشخصی دارند همان امواج فلورسانس می‌باشند. با اندازه‌گیری هر طول موج نام عنصر مربوطه مشخص شده و برای اندازه‌گیری طول موج‌های تولید شده از کریستال‌های پراش دهنده امواج کمک گرفته می‌شود. با اندازه‌گیری شدت آن به فراوانی آن عنصر در نمونه می‌توان پی‌برد. صحت اندازه‌گیری عناصر به روش آماده‌سازی و نمونه استاندارد که برای کالیبره کردن دستگاه استفاده می‌شود بستگی دارد [۵]. شکل ۴، اساس کار دستگاه XRF را نشان می‌دهد.



شکل ۴: اساس کار دستگاه XRF [۶].

مقادیر و اندازه‌ی نمونه‌های مختلف برای آزمون‌های XRF و XRD به شرح زیر است:

روش پراش پرتو ایکس^۱ و طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس^۲ وجود دارد [۲]. پراش اشعه X یک روش غیر مخرب با چند کاربرد است و اطلاعات جامعی درباره ترکیبات شیمیایی و ساختار کریستالی مواد طبیعی و صنعتی ارائه می‌دهد. اساس کار دستگاه XRD در شکل ۳ نشان داده شده است. هر کریستالی طرح اشعه X منحصر به فرد خود را دارد که به عنوان اثر انگشت برای تعیین هویت آن استفاده می‌شود. گسترده‌ترین استفاده XRD در شناسایی ترکیبات کریستالین بر اساس طرح پراش آن‌ها است. از دیگر کاربردهای XRD در زمین‌شناسی، علم مواد، علم محیط، شیمی، فیزیک، صنعت دارویی و ... می‌باشد.

XRF دستگاهی است برای اندازه‌گیری طول موج و شدت امواج فلورسانس ساطع شده از اتم‌های مختلف در نمونه که نتیجه آن شناسایی نوع و میزان عناصر ماده می‌باشد. دستگاه XRF کاربرد وسیعی در بسیاری از علوم دارد و امروزه به علت پیشرفت‌های شگرف در این زمینه به صورت یکی از وسایل ضروری در آزمایشگاه‌های پژوهشی در آمده است. XRF با سرعت عمل بسیار زیاد قادر است عناصر بسیاری را به صورت کیفی و کمی مورد آنالیز قرار دهد. به علت سرعت زیاد و عدم مصرف مواد شیمیایی روش ارزانی نسبت به بقیه روش‌های آنالیزی بوده و محیط زیست را نیز آلوده نمی‌سازد. تشعشعات حاصل از تیوب مولد اشعه ایکس در دستگاه XRF به اتم‌های تشکیل دهنده نمونه برخورد نموده و باعث تولید امواج فلورسانس می‌گردد. در این فرآیند تشعشعات اولیه در اثر برخورد با اتم‌ها باعث خروج الکترون از ترازهای مختلف شده و اتم در حالت برانگیخته و ناپایدار قرار می‌گیرد.

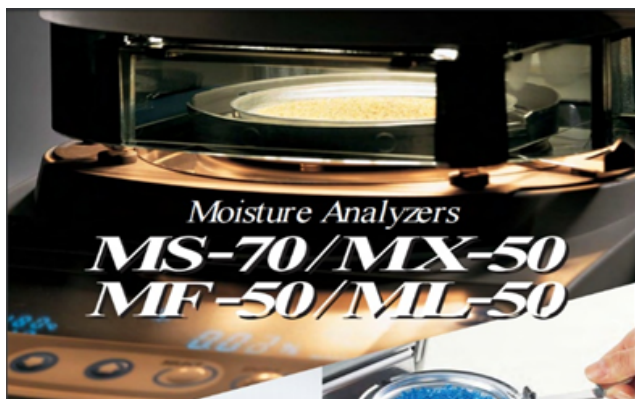
مقالات علمی

یکی از تجهیزاتی که به تازگی برای اندازه‌گیری درصد رطوبت ارائه شده است ترازوی رطوبت‌سنج است (شکل ۵). اساس کار این دستگاه، حرارت سریع و یکنواخت با لامپ هالوژن ۴۰۰ وات است که سنجش وزن با قابلیت تکرار پذیری و دقت بالا را دارا می‌باشد. درجه حرارت خشک‌کننده دستگاه بین ۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است.

جدول ۱: رطوبت مواد خام مختلف برای تولید گندله

نوع مواد خام	رطوبت (%)
مگنتیت مصنوعی	۴/۵
لیمونیت	۱۳
مگنتیت (سوئد)	۹/۵
هماتیت	۸
سیدریت	۷/۵

این رطوبت‌سنج دارای پنج برنامه پیش فرض اندازه‌گیری مختلف است و کاربر نیز می‌تواند برنامه خود را با توجه به نمونه مورد نظر برای این ترازوی رطوبت‌سنج تعریف نماید. از دیگر ویژگی‌های ترازوی رطوبت‌سنج می‌توان به قابلیت ارتباط با رایانه و چاپگر، قابلیت تعیین درجه حرارت مطلوب بر اساس میزان رطوبت، داشتن حافظه، دقت ۰/۰۰۱ گرم و ظرفیت ۵۰ گرم، کفه استیل گرد به قطر ۸۵ میلی‌متر و منبع تغذیه برقی اشاره کرد [۸].



شکل ۵: ترازو رطوبت‌سنج همراه با نمونه‌ای داخل آن [۸].

۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله، به تشریح روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای مهم محصولات معدنی پرداخته شد. برای پارامتر دانه‌بندی تکنولوژی پراکندگی استاتیکی نور مبتنی بر پرتو لیزر همگرا بیان شده است. برای پارامتر عیار که مهم‌ترین شاخص مواد معدنی در تمام صنایع می‌باشد،

۱. نمونه‌های پودر: حداقل مقدار برای آزمون XRF بین ۱۰ الی ۲۰ گرم و برای آزمون XRD بین ۱ الی ۲ گرم می‌باشد.

۲. نمونه‌های سنگ و خاک: حداقل مقدار برای آزمون XRF و XRD بین ۸۰ الی ۱۰۰ گرم می‌باشد.

۳. قطعات فلزی: برای آزمون XRF حداقل اندازه ۱ × ۱ سانتی‌متر با ضخامت حداقل ۲ میلی‌متر و در مورد نمونه‌های غیر قابل تخریب حداکثر اندازه ۳ × ۳ سانتی‌متر با ضخامت حداکثر ۲ سانتی‌متر و برای آزمون XRD حداقل اندازه ۱ × ۱ سانتی‌متر با ضخامت حداقل ۲ میلی‌متر در مورد نمونه‌های غیر قابل تخریب حداکثر اندازه ۴ × ۴ سانتی‌متر با ضخامت حداکثر ۲ میلی‌متر مورد نیاز است [۱۰].

۴ درصد رطوبت

رطوبت به چند صورت می‌تواند در سنگ‌دانه یا پودر وجود داشته باشد. یکی رطوبتی که در حفره دانه‌ها قرار دارد که مقدار آن در سنگ‌دانه هواخشک برابر مقدار رطوبت و در سنگ‌دانه تر خشک برابر ظرفیت جذب آب سنگ‌دانه است. دیگر رطوبت سطحی و آزاد است که به ترتیب در سنگ‌دانه تر و خیس اندازه‌گیری می‌شوند. به مجموع تمام این رطوبت‌ها در سنگ‌دانه، مقدار رطوبت کلی می‌گویند [۱]. نسبت وزن آب موجود در نمونه به وزن کل نمونه که بر حسب درصد بیان می‌شود رطوبت محتوا نام دارد.

در کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی اهمیت این پارامتر در بحث سنگ‌شکنی و خردایش است. انرژی لازم برای خردایش در حضور آب کاهش پیدا می‌کند، بنابراین نمونه‌ی مرطوب (با رطوبت در حد مجاز برای هر کانه) راحت‌تر خرد می‌شود. همچنین برای ساختن ترکیبات مختلف از ماده اولیه باید مقدار رطوبت در حد معینی باشد تا در ویژگی‌های محصول اختلال ایجاد نکند [۴]. در صنعت متالورژی رطوبت و آب تبلور از موارد مهم و تاثیرگذار هستند. جدول ۱، رطوبت مواد خام مختلف برای تولید گندله را نشان می‌دهد. از منظر دیگر، با افزایش رطوبت محصولات معدنی بیش از حد مجاز؛ هزینه حمل و نقل چند برابر می‌شود. شماره استانداردهای ملی مربوط به اندازه‌گیری درصد رطوبت محصولات معدنی ۳۵۲، ۶۱۱، ۷۳۸۴، ۱۱۰۹۹ و ۱۴۰۸۶ می‌باشند.



روش‌های تجزیه دستگاهی پراش اشعه X که یک روش غیر مخرب با چند کاربرد است و اطلاعات جامعی درباره ترکیبات شیمیایی و ساختار کریستالین مواد طبیعی و صنعتی ارائه می‌دهد توضیح داده شده است. روش دیگری که برای اندازه‌گیری و کنترل عیار محصولات معدنی بررسی شد، طیف سنجی فلورسانس پرتو ایکس می‌باشد که از جمله روش‌های آنالیز عنصری است و از آن به طور وسیعی در صنعت و مراکز پژوهشی استفاده می‌شود.

این روش، به ویژه به علت سرعت زیاد در شناسایی عنصری، برای برخی از صنایع، ضروری است. برای اندازه‌گیری درصد رطوبت محصولات معدنی یکی از دستگاه‌های جدید به نام ترازو رطوبت‌سنج معرفی شد و اساس کار این ترازو و قابلیت‌های آن توضیح داده شد.

مراجع

- [۱] نقندریان، کاظم (۱۳۹۲). کنترل کیفیت آماری. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۴۸، سازمان ملی استاندارد ایران
- [۳] معدن خاک چینی ایران (۱۳۹۳). گزارش‌های فنی.
- [۴] بنیسی، صمد (۱۳۸۸). مسائل کاربردی فرآوری مواد معدنی. انتشارات دانشگاه هرمزگان.
- [۵] توحیدی، ناصر و وقار، رامز (۱۳۷۶). آماده سازی بار کوره‌های تولید آهن و فولاد. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۶] افشاری پور، سلیمان (۱۳۷۲). روش‌های نوین تجزیه دستگاهی. اصفهان: دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.
- [۷] گلستانی فرد، فرهاد (۱۳۸۳). روش‌های شناسایی و آنالیز مواد. انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- [۸] تارنمای مرکز پژوهش متالورژی رازی (۱۳۹۵)، بازیابی شده از: www.razi-center.net
- [9] Moisture Analyzer: Instruction manual (2004). A & D Company.
- [10] Particle Sizers: Operating instructions (2014). Fritsch GmbH.

