

نشریه تابش و فناوری هسته‌ای، سال اول، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۳

شناسایی درصد فراوانی مس موجود در خاک معدن سونگون اهر با استفاده از آنالیز فعال‌سازی نوترونی

میثم غائبی^{۱*}، مقصود سعادت‌نیاری^۲

^۱ کارشناس ارشد فیزیک، گروه فیزیک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، اردبیل، ایران

^۲ استادیار، گروه فیزیک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۷/۱۸ - تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۶)

چکیده

در این مقاله، درصد فراوانی عنصر مس موجود در نمونه خاک تهیه شده از معدن سونگون اهر، با استفاده از فعال‌سازی آن در مقابل چشمه نوترونی آمرسیوم - برلیوم و شمارش میزان فعالیت آن با استفاده از آشکارساز یدور سدیم سه اینچی مشخص شده است. به این منظور، ابتدا، نمونه‌ای از پودر مس (با خلوص ۹۹٪) در فاصله‌های مختلف در مقابل چشمه نوترونی قرار گرفته و با استفاده از آشکارساز یدور سدیم، میزان فعالیت آن مشخص شده است تا فاصله‌ای که در آن بیشترین فعالیت حاصل می‌شود مشخص شود. سپس در آن فاصله، نمونه‌های خاک حاوی درصدهای مشخص مس، تحت تابش با نوترون قرار گرفته و میزان فعالیت آن‌ها، با میزان فعالیت نمونه استاندارد مقایسه شده و دقت آنالیز محاسبه شده است. اندازه‌گیری‌های انجام شده، نشان داد که با استفاده از آشکارساز یدور سدیم، می‌توان با دقت قابل قبول تا دو دهم درصد، فراوانی عنصر مس موجود در خاک را تعیین کرد.

واژه‌های کلیدی: پرتودهی با نوترون، شناسایی عناصر، درصد فراوانی عنصر مس، فعال‌سازی نوترون

* اردبیل، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه فیزیک، کدپستی ۵۶۱۹۹-۱۱۳۶۷

پست الکترونیکی: meysam.ghaebi@gmail.com

۱. مقدمه

آنالیز فعال‌سازی نوترونی، یک روش تحلیلی با دقت و حساسیت بسیار بالا برای آنالیز کیفی و کمی نمونه‌های مختلف به منظور شناسایی و تعیین عناصر موجود در نمونه‌ها است. حساسیت و دقت این روش به عواملی از قبیل شدت باریکه نوترونی، نیمه‌عمر محصول واکنش، زمان تابش‌دهی و شرایط اندازه‌گیری از قبیل زمان اندازه‌گیری، بازده آشکارساز و پارامترهای هسته‌ای از قبیل فراوانی ایزوتوپ موجود در نمونه، سطح مقطع جذب نوترون، نیمه‌عمر و شدت پرتوهای گامای گسیل شده وابسته است [۱].

از آنجایی که بخشی از کمربند فلززایی آلپ-همیالیا که دارای رگه مس با عیار حدود ۰/۶۱٪ است از منطقه‌ی اهر عبور می‌کند، منطقه سونگون اهر دارای معدن بسیار عظیمی از مس می‌باشد [۲]. با شناسایی درصد فراوانی مس موجود در خاک معدن سونگون اهر و مقایسه با خاک مناطق دیگر که روی کمربند فلززایی آلپ-همیالیا در ایران قرار دارند، می‌توان معادن دیگری را نیز کشف کرد.

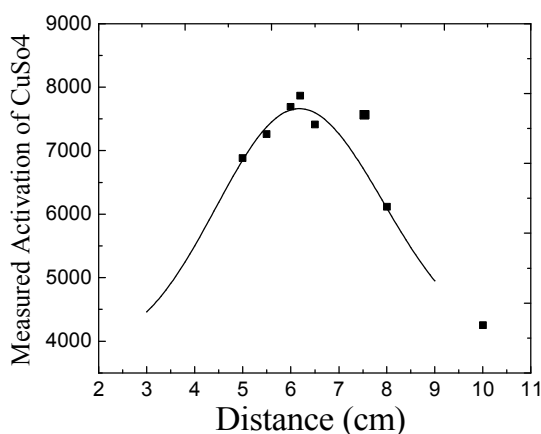
۲. روش تحقیق

چشمه نوترونی مورد استفاده، چشمه ایزوتوپی آمرسیوم -بریلیوم شناور در محفظه آب، با شار نوترون حدود $\frac{n}{cm^2.s}$ 10^6 و میانگین انرژی نوترون اولیه ۴/۴ MeV و آشکارساز مورد استفاده، آشکارساز سوسوزن یدور سدیم سه اینچی می‌باشد.

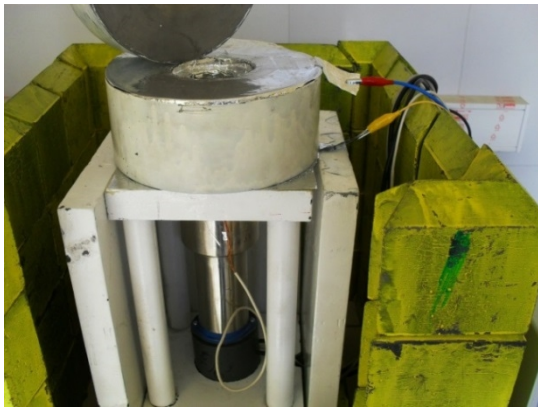
واکنش‌های هسته‌ای مورد استفاده در روش فعال‌سازی نوترونی، واکنش‌های گیراندازی نوترون یا واکنش‌های (n,γ) نامیده می‌شوند. در طی این واکنش‌ها، برای هر هسته، یک

گامای بخصوص که گامای مشخصه آن هسته است، آزاد می‌شود [۳]. در این مقاله، گاماهاى تاخیری آشکارسازی می‌شوند. عنصر مس، ترکیبی از دو ایزوتوپ پایدار $^{63}_{29}Cu$ (۶۹٪) و $^{65}_{29}Cu$ (۳۱٪) است که تحت تابش نوترون، به ایزوتوپ‌های پرتوزای $^{64}_{29}Cu$ (با نیمه عمر ۱۲/۷ ساعت) و $^{66}_{29}Cu$ (با نیمه عمر ۵/۱۲ دقیقه) تبدیل می‌شوند. عنصر مس، سطح مقطع جذب مناسبی برای نوترون‌های حرارتی (۴/۵۲ بارن برای ایزوتوپ $^{63}_{29}Cu$ و ۲/۱۷ بارن برای ایزوتوپ $^{65}_{29}Cu$) دارد [۴].

دقت و حساسیت اندازه‌گیری با استفاده از آنالیز فعال‌سازی نوترونی، رابطه مستقیمی با میزان شار نوترون‌های حرارتی دارد [۵]. به همین علت در شروع کار، برای بدست آوردن فاصله‌ای که در آن شار نوترون‌های حرارتی بیشینه می‌شود، نمونه‌هایی از پودر مس در فاصله‌های مختلف از چشمه، در بازه‌های زمانی یکسان قرار داده شد. برای هر فاصله، سطح زیر منحنی طیف بیشینه گاما اندازه‌گیری شده و در شکل (۱) آورده شده است. مشاهده می‌شود که در فاصله‌ی ۶/۲ سانتی‌متری از چشمه نوترونی، حداکثر شار نوترون‌های حرارتی حاصل می‌شود.



شکل ۱. نمودار فعالیت اندازه‌گیری شده بر حسب فاصله نمونه از چشمه نوترون

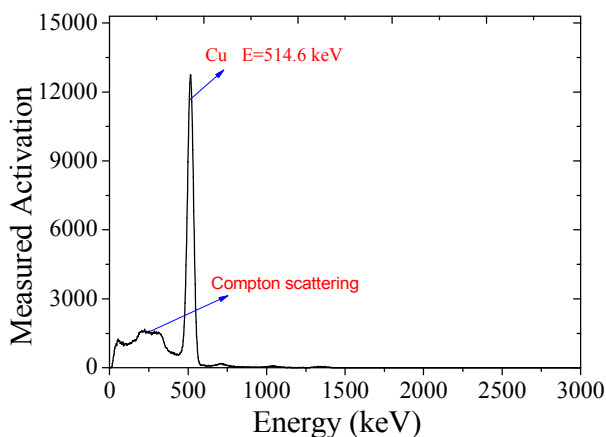


شکل ۳. اتصال به زمین آشکارساز و حفاظها

۳. نتایج

در فاصله‌ی ۶/۲ سانتی متری از چشمه نوترونی، نمونه‌ای از پودر مس با درصد خلوص ۹۹٪ به جرم بیست گرم به عنوان نمونه استاندارد، به مدت ۴۸ ساعت تحت تابش با نوترون قرار داده شد. نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای نمونه استاندارد در شکل (۴) آورده شده است.

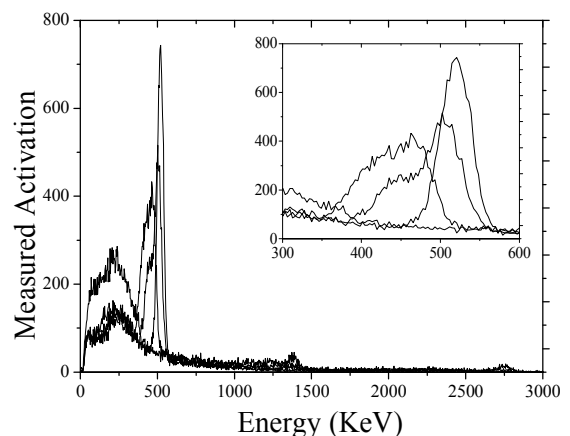
در ادامه، نمونه‌های خاک حاوی درصد‌های مشخصی از پودر مس به جرم بیست گرم، در فاصله ۶/۲ سانتی متری از چشمه و به مدت ۴۸ ساعت تحت تابش با نوترون قرار گرفتند.



شکل ۴. نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای نمونه استاندارد

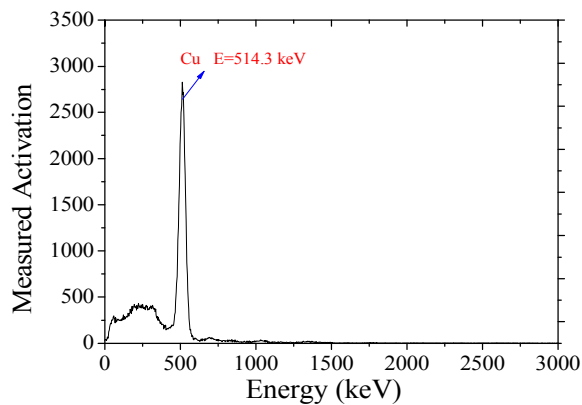
در اندازه‌گیری‌های اولیه، بیشینه‌های انرژی طیف گامای حاصل از نمونه‌ها، به دلیل زمینه زیاد موجود در محیط آزمایشگاه چندان واضح نبودند. به منظور کاهش زمینه تداخل کننده، یک حفاظ سربی به شکل پوسته استوانه‌ای که تمام قسمت‌های آشکارساز را پوشش می‌داد ساخته شد. پس از قرار دادن آشکارساز در داخل این حفاظ، بیشینه‌ها بهبود یافته و واضح‌تر شدند. با این حال، در طی اندازه‌گیری‌های متوالی مشاهده شد که در کارکرد طولانی و بدون وقفه آشکارساز، بیشینه‌های انرژی به سمت انرژی‌های پایین‌تر منتقل می‌شوند (شکل ۲). این مشکل، به دلیل تجمع بار بر روی آشکارساز در اندازه‌گیری‌های متوالی اتفاق می‌افتاد که راه‌حل این مشکل، اتصال به زمین آشکارساز و حفاظها و تخلیه الکتریکی آنها با استفاده از پوشش فویل آلومینیومی (با ضخامت ۰/۱۳ میلی‌متر) بود (شکل ۳).

پس از این مرحله، بیشینه‌های انرژی طیف گاما از وضوح بیشتری برخوردار شده و تعیین درصد فراوانی عنصر مس موجود در نمونه‌ها، با دقت بالاتری میسر گردید. نتایج نهایی اندازه‌گیری، با در نظر گرفتن تمهیدات فوق برای نمونه‌های مختلف به دست آمده است.



شکل ۲. انتقال تدریجی بیشینه‌ها به سمت انرژی‌های کمتر در اندازه‌گیری‌های متوالی

نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای کنسانتره مس در شکل (۶) آورده شده است. در انتها، با محاسبه سطح زیر منحنی طیف بیشینه گامای حاصل از کنسانتره و مقایسه آن با سطح زیر منحنی طیف بیشینه گاما برای نمونه‌های معلوم و استاندارد، درصد اندازه‌گیری شده برای کنسانتره مس $26/82\%$ بدست آمد که کاملاً به مقدار واقعی نزدیک است.



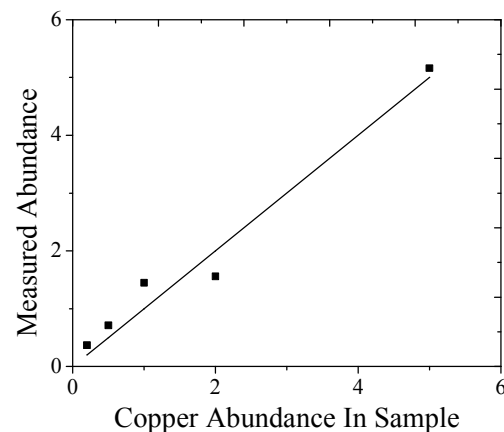
شکل ۶. نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای کنسانتره مس تهیه شده از معدن مس سونگون اهر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری فعالیت نمونه‌های پرتوزا نشان داد که دقت حاصل از آنالیز را می‌توان با استفاده از حفاظ سربی با ضخامت بیشتر، هندسه مناسب حفاظها و استفاده از فویل رسانای جریان الکتریسته به منظور تخلیه بار الکتریکی جمع شونده بر روی آشکارساز و حفاظها در حین آشکارسازی، تا حد چشمگیری بهبود بخشید و آن را از $0/2\%$ به زیر $0/1\%$ رساند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده آن است که اندازه‌گیری درصد فراوانی مس موجود در خاک با استفاده از آنالیز فعال‌سازی نوترونی برای شناسایی معادن مس بسیار مناسب است، زیرا خاک بیشتر معادن مس موجود در ایران حاوی حدود $0/5\%$ مس است.

با محاسبه سطح زیر منحنی طیف بیشینه گاما برای هر یک از نمونه‌ها و مقایسه آن با سطح زیر منحنی طیف بیشینه گامای نمونه استاندارد، نموداری حاصل شد که نشان‌دهنده نسبت درصد اندازه‌گیری شده به درصد واقعی مس است و در شکل (۵) آورده شده است. در محاسبه سطح زیر بیشینه برای نمونه‌ها، شمارش خالص با کم کردن شمارش زمینه از شمارش مربوط به هر یک از آن‌ها به دست آمده است.

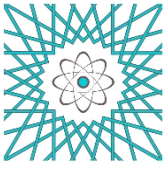
در شکل (۵)، محور افقی، مقدار واقعی مس موجود در نمونه و مربع‌ها، مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهند و خطای اندازه‌گیری با میزان انحراف از خط مشکی تعیین می‌شود. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که درصدهای اندازه‌گیری شده، همخوانی خوبی با درصدهای واقعی مس موجود در نمونه‌ها دارد (دقتی در حد $0/2\%$). در فرآیند تولید مس از سنگ معدن، پس از اینکه سنگ‌ها از معدن مس استخراج شدند، وارد دستگاه سنگ‌شکن شده و پس از عملیات تغلیظ، نوعی خاک که کنسانتره مس نامیده می‌شود تولید می‌شود که برای معدن سونگون اهر، عیار کنسانتره مس 30% می‌باشد. در انتها، نمونه‌ای از کنسانتره مس در فاصله‌ی $6/2$ سانتی‌متری از چشمه نوترونی و به مدت ۴۸ ساعت تحت تابش با نوترون قرار داده شد.



شکل ۵. نسبت درصد اندازه‌گیری شده به درصد واقعی مس موجود در نمونه‌ها

مراجع

- [4] R. B. Firestone, V. S. Shirley, Table of Isotopes, *Wiley-Interscience*, New Jersey, 1996.
- [5] J. R. Lamarsh, A. J. Baratta, Introduction to Nuclear Engineering, 3rd edition, *Prentice Hall*, New Jersey, 2001.
- [1] H. R. Verma, Atomic and Nuclear Analytical Methods, *Springer*, Berlin, 2007.
- [2] M. Ghorbani, The Economic Geology of Iran: Mineral Deposits and Natural Resources, *Springer*, Amsterdam, 2013.
- [3] R. R. Greenberg, P. Bode, E. A. De Nadai Fernandes, Neutron activation analysis: A primary method of measurement, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 66, 193-241, 2011.



Abundance determination of copper in the soil of mine Sungun using Neutron activation analysis

M. Ghaebi^{1*}, M. S. Niari²

1. M.Sc. Student, Department of Physics, University of Mohaghegh Ardabili, ardabil, ardabil, Iran
2. Assistant Professor, Department of Physics, University of Mohaghegh Ardabili, ardabil, ardabil, Iran

* Corresponding author's E-mail: meysam.ghaebi@gmail.com

(Received: 10/10/2014 - Accepted: 5/2/2015)

ABSTRACT

In this paper, abundance percent of copper element in the soil sample provided from mine sungun, is determined by activating it in front of Am-Be neutron source and counting it's activity using 3 inch NaI(Tl) detector. For this purpose, first, a sample of copper powder (with a purity of 99%) is placed in front of Am-Be neutron source in different distances and it's activity is determined using NaI(Tl) detector till the distance that maximum activity is achieved at it, to be determined. Then, at that distance, soil samples containing specific percentages of copper, are exposed to neutron radiation and their activity is compared to activity of standard sample and accuracy of analysis is calculated. Measurements show that using NaI(Tl) detector, one can determine abundance of copper element in soil with accuracy up to 0.2 percent.

Keywords: *Irradiation with neutron, Elements determination, Abundance percent of copper element, Neutron activation*