توزیع رنیوم در قسمت های مختلف مدار غنی سازی مس-مولیبدنیت سرچشمه

علیرضا محمودیان[1]، سی‌د خطیب الاسلام صدر نژاد[2]. فرخ کروپی[3]، صدیقه زیدآبادی[4]

دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، گروه مهندسی مواد

دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی و علم مواد

Ali_Reza_Mahmoudian@Yahoo.Com

چکیده

رنیوم یکی از کمیابترین عناصر پوسته زمین است که محصول جانبی مولیبدنیت است و مولیبدنیت، خود محصول جانبی در استخراج مس است. امروزه بدلیل خواص شیمیایی و فیزیکی بسیار مناسب، رنیوم کاربردهای مهمی در صنایع مدرن دارد. دراین تحقیق، مقادیر رنیوم برای کامپوزیت های شش ماهه اول و دوم سالهای ۱۳۸۳و ۱۳۸۴ در قسمتهای مختلف مدار پرعیارکنی مس-مولیبدنیت سرچشمه بطور متوسط بدست آمد. این کامپوزیتها به نسبت وزنی تولید، تهیه و مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل، با نتایج آنالیز سازمان انرژی اتمی ایران و شرکت آلفرد کی نایت (Alfred K. Knight) سوئیس مقایسه شد.

واژه های کلیدی: رنیوم، مولیبدنیت، سرچشمه.

---

[1]مربی دانشگاه آزاد سیرجان، متالورژی استخراجی

[2]استاد دانشگاه صنعتی شریف، خالص سازی مواد، شبیه سازی فرآیندها و آلیاژهای حافظه دار

[3]استادیار دانشگاه آزاد بافت، برنامه نویسی ماشین های صنعتی

[4]کارشناس ارشد فرآوری مجتمع مس سرچشمه

۱- مقدمه

رنیوم یکی از کمیاب‌ترین عناصر پوسته زمین است که به دلیل خواص شیمیایی و فیزیکی بسیار مناسب و کاربردهای مهم در صنایع مدرن مورد توجه فراوانی بوده و از قیمت بالایی نیز برخوردار است. رنیوم با عدد اتمی ۷۵ سنگین‌ترین عنصر از گروه هفتم فلزات واسطه در جدول تناوبی بوده و برنگ سفید نقره‌ای است. دارای دو ایزوتوپ ۱۸۵ و ۱۸۷ بترتیب با جرم اتمی ۱۸۵ و ۱۸۷ و فراوانی ۳۷/۵ و ٦۲/۵ درصد می‌باشد که ایزوتوپ دوم دارای خاصیت رادیواکتیو بوده و از آن برای تعیین عمر زمین استفاده می‌شود. تنها فلزات پلاتین، ایریدیم و اسمیم نسبت به رنیوم چگالی بالاتری داشته و فقط تنگستن و کربن دارای نقطه ذوب بیشتری از رنیوم می‌باشند[۱]. مهمترین کاربرد رنیوم و آلیاژهای رنیوم در صنایع الکترونیک است. بیشترین کاربرد رنیوم در آلیاژ $W-3\%\mathrm{Re}$ است که در لامپ فلاش عکاسی بکار می‌رود. کاربرد مهم دیگر رنیوم استفاده در المنتهای مقاوم حرارتی در کوره‌های با درجه حرارت بالاست. از ترکیب $W-3\%\mathrm{Re}$ یا $W-5\%\mathrm{Re}$ به همراه $W-25\%\mathrm{Re}$ برای اندازه‌گیری درجه حرارت تا $2500^{\circ}C$ می‌توان استفاده کرد. در ساخت فنرها، کاتدهای بکار رفته در مبدلهای ترموالکتریک، کاتدهای درجه حرارت بالا، مفتولهای جوشکاری، صنایع هوانوردی و کشتی‌سازی و ترکیب سوپرآلیاژ برای توربینها بکار می‌رود. کاتالیزورهای مصرفی در پالایشگاه برای تولید بنزین بدون سرب و یا کم سرب، آلیاژ حاوی 3%Re و 3%Pt است. در سیستم‌های جدیدتر از کاتالیزورهای حاوی درصد بالاتری از رنیوم استفاده می‌شود. همچنین کاتالیزورهای Re-Pt نیز در تولید بنزین و تولوئن استفاده می‌شود [۲]. بیشترین مقدار رنیوم بصورت سولفید رنیوم در مینرال مولیبدنیت یافت می‌شود. دلیل این امر شباهت بسیار زیاد رنیوم و مولیبدن از نظر خواص شیمیایی همچون میل زیاد هر دو به سولفور و شعاع اتمی و یونی تقریبا یکسان که نسبت به یکدیگر دارند است (۳، ۴، ۵).

۲- آزمایشهای عملی

۲-۱- تهیه کامپوزیت ٦ ماهه:

ابتدا نمونه های روزانه که در مجتمع وجود داشت در دمای ۹۰-۷۰ درجه سانتیگراد بمدت ۳ الی ۴ ساعت خشک شدند. سپس از آنها، به نسبت وزنی تولید روزانه، یک کامپوزیت ماهیانه تهیه و سپس به نسبت وزنی تولید ماهیانه، کامپوزیت شش ماهه تهیه شد. این نمونه ها شامل کنسانتره نهایی مس که تحت عنوان نوار ۲۰ شناخته

می شود، کنسانتره مس (قبل از جداسازی مولیبدن)، کنسانتره مولیبدنیت، سنگ معدن و باطله می باشند. برای نمونه برداری از تقسیم کن شانه ای ریسل استفاده گردید.

۲-۲- حل سازی نمونه ها:

برای حل سازی نمونه ها روش ذوب قلیایی و ذوب توسط امواج ماکرو انتخاب شد. روش های حل سازی دیگری مانند حل سازی در تیزاب و ... نیز انجام شدند ولی نتایج مطلوبی درپی نداشتند. حل سازی نمونه ها در مجتمع مس سرچشمه انجام گرفت.برای حصول اطمینان از حل شدن کامل رنیوم و انتقال آن به محلول، میزان مس و مولیبدن موجود در محلول نیز اندازه گیری شد. آنالیز مس و مولیبدن در آزمایشگاه شرکت تولیدی فرومولیبدن کرمان واقع در خاتون آباد انجام گرفت. برای حل سازی از نمونه های تکراری و نمونه ی شاهد نیز استفاده شد. نتایج حل سازی با نتایج موجود در شرکت مس کاملا مطابقت داشت. دراین تحقیق برای کلیه نمونه ها دوسری حل سازی و دوسری آنالیز صورت گرفت.

۲-۳- انجام آنالیز رنیوم و تکرار آنالیز رنیوم:

برای رفع مزاحمت یون های مولیبدن از محلول حاوی رنیوم از روشی که توسط Sâikhon ارائه شده است استفاده شد. در این روش ابتدا یون های مولیبدن توسط روش استخراج محلولی توسط فاز آلی ایزوآمیل استات از محلول جدا شده، سپس کمپلکس رنگی رنیوم تیوسیانات را تشکیل داده و توسط کلروفرم استخراج نموده، به همراه نمونه های استاندارد که با همین روش آماده شده اند، بوسیله اسپکتروفتومتر در $\lambda = ۴۳۰\ nm$ شدت جذب خوانده شد(۶، ۷، ۸) . در این روش، کمپلکس تشکیل شده ناپایدار است و باگذر زمان تجزیه می شود. لذا از زمان تشکیل آن تا تعیین میزان شدت جذب، بعضی از آنها تجزیه شده و نتیجه ی آنالیز غیرقابل قبول است. برای تشخیص این امر، شدت جذب نمونه ها دوبار با فاصله ی زمانی نسبتا کوتاه (حدود ۱۵ الی ۲۰ دقیقه) اندازه گیری شد. درصورت مشاهده اختلاف بین مقادیر خوانده شده، آنالیز موردنظر از اعتبار ساقط شد. نتایج در جداول ۱ تا ۶ آورده

شده است. مقدار متوسط داده ها و انحراف از استاندارد با ضریب اطمینان ٪۹۵ محاسبه شد. لازم به ذکر است که برای نمونه هایی که فقط ۲ بار آنالیز شده اند، مقادیر پراکندگی بسیار گسترده است، لذا برای نمونه هایی که ۳ بار آنالیز شده اند مقادیر دارای اعتبار بیشتری هستند.

جدول۱- نتایج آنالیز رنیوم برای کنسانتره مولیبدنیت برحسب *ppm*

کنسانتره مولیبدنیت	حل سازی اول		حل سازی دوم		مقدار متوسط	انحراف از استاندارد
	آنالیز اول	آنالیز دوم	آنالیز اول	آنالیز دوم		
٦ ماهه اول ۱۳۸۳	۷۲۳	--	۷۲۸	۷۲٤	۷۲۵±٦/۵۷	۲/٦۵
٦ ماهه دوم ۱۳۸۳	٦۳۵	٦۳۳	--	--	٦۳٤±۱۲/۷	۱/٤۱
٦ ماهه اول ۱۳۸٤	۷۳۷	۷٤۱	--	--	۷۳۹±۲۵/٤	۲/۸۳
٦ ماهه دوم ۱۳۸٤	۷۳۸	--	--	۷٤۰	۷۳۹±۱۲/۷	۱/٤۱

جدول ۲- نتایج آنالیز رنیوم برای کنسانتره مس قبل از جداسازی مولیبدن بر حسب *ppm*

کنسانتره مس	حل سازی اول		حل سازی دوم		مقدار متوسط	انحراف از استاندارد
	آنالیز اول	آنالیز دوم	آنالیز اول	آنالیز دوم		
٦ ماهه اول ۱۳۸۳	۶۲	۵۸	--	--	٦۰±۲۵/٤	۲/۸۳
٦ ماهه دوم ۱۳۸۳	۵۳	۵۷	--	--	۵۵±۲۵/٤	۲/۸۳
٦ ماهه اول ۱۳۸٤	٦۳	٦٤	--	٦۳	٦۳±۱/٤۳	۰/۵۸
٦ ماهه دوم ۱۳۸٤	۷۳	--	--	--	--	--

جدول ۳- نتایج آنالیز رنیوم برای سنگ معدن بر حسب *ppm*

RF	حل سازی اول		حل سازی دوم		مقدار متوسط	انحراف از استاندارد
	آنالیز اول	آنالیز دوم	آنالیز اول	آنالیز دوم		
٦ ماهه اول ١٣٨٣	١١	--	--	١٣	١٢±١٢/٧	١/٤١
٦ ماهه دوم ١٣٨٣	٠	٤	--	٤	٣±٥/٧	٢/٣١
٦ ماهه اول ١٣٨٤	٧	٨	--	١٢	٩±٦/٥٧	٢/٦٥
٦ ماهه دوم ١٣٨٤	٠	--	--	--	--	--

جدول ۴- نتایج آنالیز رنیوم برای نوار ۲۰ بر حسب *ppm*

N20	حل سازی اول		حل سازی دوم		مقدار متوسط	انحراف از استاندارد
	آنالیز اول	آنالیز دوم	آنالیز اول	آنالیز دوم		
٦ ماهه اول ١٣٨٣	--	٣	--	٣	٣±٠	٠
٦ ماهه دوم ١٣٨٣	٠	٠	--	٠	٠	٠
٦ ماهه اول ١٣٨٤	--	٥	--	٥	٥±٠	٠
٦ ماهه دوم ١٣٨٤	٠	٠	--	--	٠	٠

جدول ۵- نتایج آنالیز رنیوم برای باطله بر حسب *ppm*

FT	حل سازی اول		حل سازی دوم		مقدار متوسط	انحراف از استاندارد
	آنالیز اول	آنالیز دوم	آنالیز اول	آنالیز دوم		
٦ ماهه اول ۱۳۸۳	۰	--	--	--	--	--
٦ ماهه دوم ۱۳۸۳	۳	--	--	--	--	--
٦ ماهه اول ۱۳۸٤	۰	--	--	۰	۰	۰
٦ ماهه دوم ۱۳۸٤	۰	--	--	--	--	--

جدول ۶- نتایج آنالیز رنیوم برای غبارهای مجتمع خاتون آباد بر حسب ppm

شرکت تولیدی فرومولیبدن	حل سازی اول		حل سازی دوم		مقدار متوسط	انحراف از استاندارد
	آنالیز اول	آنالیز دوم	آنالیز اول	آنالیز دوم		
غبار کوره تشویه	--	۳٤۲۰	۳٤۱۰	۳٤۳۰	۳٤۲۰±۲٤/۸	۱۰
غبار کوره تولید فرومولیبدن	--	۷	۳	۵	۵±٤/۹٦	۲

۳- کنترل دقت آنالیزها توسط یک آزمایشگاه معتبر:

۱) سازمان انرژی اتمی ایران، رنیوم موجود در باطله نهایی ٦ ماهه اول ۱۳۸۲ را کمتر از ۰/۰۱۲۵ درصد و غبار کوره تولید فرومولیبدن خاتون آباد را در سه مرحله، ۳/٤، ۳/٤ و ۵ ppm اعلام کرد (۹).

۲) شرکت آلفرد کی نایت واقع در کشور سوئیس، غبار تشویه مولیبدنیت خاتون آباد را ۳٤۲۹ppm و مولیبدنیت کامپوزیت ٦ ماهه دوم ۱۳۸٤ سرچشمه را ۷۳٦ppm اعلام کرد (۹).

۴- نتیجه گیری

۱) مقادیر رنیوم بطور متوسط در کنسانتره مولیبدنیت، ppm ۷۱۱، در کنسانتره مس، قبل از جداسازی مولیبدن ppm۶۲، در سنگ معدن ppm۷، در کنسانتره نهایی مس ppm۲، در باطله ppm۱، در غبار تشویه مولیبدنیت ppm۳۴۲۰، و در غبار کوره تولید فرومولیبدن ppm۵ بدست آمد.

۲) همانگونه که مشاهده می شود، رنیوم بهمراه مولیبدنیت تغلیظ و در کنسانتره مولیبدنیت تجمع یافته است. این رفتار در منابع مختلف نیر گزارش شده است.

مراجع

1- Nadler, et al, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", VCH, Weinein, 1993, Vol A23, pp.199-209.
2- Savitskii, E.M, Tylkina, M.A, "Rhenium Alloys", IPST press, 1965, pp 8-16.
3- Habashi, F, "Handbook of Extractive Metallurgy (Molybdenum)", Vol. 3, Wiley-VCH, 1997, pp.1361-1402
4- Habashi, F, "Handbook of Extractive Metallurgy (Rhenium)", Vol. 3, Wiley-VCH, 1997, pp.1491-1501
5- Davenport, W.H, "Rhenium Sources and Extraction and Refining", Metall. Soc. Conf. High Temp. Refract, Met, New York, 1961, pp.465-488.

۶- کشاورز علمداری، اسکندر، "ترمودینامیک استخراج همزمان رنیوم و مولیبدن توسط حلال آلی از محیط آبی اسید سولفوریک "، پایان نامه دکتری، دانشگاه صنعتی شریف، شهریور ۱۳۷۹.

۷- رضوی‌منش، عباس " سینتیک و ترمودینامیک جداسازی فلزات از محلول به روش مبادله یونی " ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف ، آبان ۱۳۷۸.

۸- محمودیان، علیرضا، " سینتیک و ترمودینامیک جذب و دفع پیوسته رنیوم از محلول لیچینگ غبار تشویه مولیبدنیت به روش مبادله یونی " ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف ، آبان ۱۳۸۰.

۹- آمار موجود در آزمایشگاه مجتمع مس سرچشمه.

Rhenium distribution in different parts of Sarcheshmeh's enrichment cycle of Cu-Mo

[1,2]A. R. Mahmoudian, [2]S.K. Sadrnezhaad, [1]F. Koroupi, [1]S. Zeid Abadi

[1]Material Eng. Group, Islamic Azad University of Sirjan
Sirjan, Iran
[2]Department of Materials Science & Engineering, Sharif University of Technology
Tehran, Iran

Abstract

Rhenium is one of the rarest elements in the earth's shell, which is the byproduct of Molybdenit, and which in turn is the byproduct of Copper. Due to the appropriate physical and chemical properties of Rhenium, it has important applications in modern industry. In this research, quantities of Re for composite of the first six month of 1383 & 1384 and second six month of 1383 & 1384 in different parts of Sarcheshmeh's enrichment cycle of Cu-Mo were measured. These composites, with respect to product weight, were prepared and used, and the results were compared with analyses results of Iranian Atomic Agency and Alfred K. Knight Co. of Swiss.

Keywords: Rhenium, Molybdenit, Sarcheshmeh.