

تعیین شرایط بهینه استخراج (208/11) سلنیم از لجن مس آندی سرچشمه به روش تاگوچی

محمود عبدالمی استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

سید ضیاءالدین شفايي تنكابني استاديار دانشكده معدن دانشگاه شاهرود

Minmabd@modares.ac.ir

چکیده

بازیابی سلنیم از لجن مس آندی سرچشمه به روش هیدرومتالورژی و با استفاده از طراحی تاگوچی برای کاهش تعداد آزمایشها در این مقاله مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. لجن مس آندی از اجزاء نامحلول آند در الکترولیت تشکیل شده است که حاوی عناصر باارزشی مانند طلا، نقره، سلنیم و تلوریم می باشد. عناصر مذکور بعنوان محصول جانبی در فرآیند تولید مس بازیابی می شوند. لجن مس آندی سرچشمه حاوی ۹/۴۱ درصد سلنیم می باشد که مقدار قابل توجهی است. ضمناً منبع اصلی سلنیم دنیا لجن مس آندی است.

در این مقاله تأثیر پارامترهای مختلف در لیچینگ مس آندی برای بازیابی سلنیم ارائه شده است. آزمایشها براساس روش تاگوچی طراحی شده و پارامترهایی مانند غلظت اسید، دما، زمان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آماری نشان داد که تمام عوامل در فرایند لیچینگ مؤثرند و شرایط بهینه بشرح زیر بدست آمد.
دما: ۹۰ درجه سانتیگراد، غلظت اسید: ۴ مول، زمان: ۶۰ دقیقه. در این شرایط ۹۹٪ سلنیم حل و وارد محلول شد.

کلید واژه: بازیابی سلنیم، سرچشمه، لجن مس آندی، هیدرومتالورژی، روش تاگوچی

مقدمه :

شده است. اساس این روش بر پرهیز از نیاز به ذوب 'Dore می باشد. روش دیگری توسط هیمالا [۲] (Heimala) و همکاران [۲] برای بازیابی سلنیم، نقره و تلوریم از لجن مس آندی منتشر شده بدینصورت که در تانکی حاوی اسید سولفوریک غلیظ در دمای ۱۸۰°C برای مدت ۴ ساعت لجن مس زدایی شده سولفات می شود. نقره و سلنیم و تلوریم در اسید سولفوریک حل شدند.

لجن مس آندی به موادی گفته می شود که در ته سلولهای الکترولیت در حین تولید مس کاتدی تولید و جمع آوری می شود. یک فرایند کامل هیدرومتالورژی توسط سابرامانیان (Subramanian) و همکاران [۱] برای بازیابی عناصر با ارزش بویژه سلنیم از لجن مس و نیکل توضیح داده

وانگ (Wang) و همکاران [۳] فرآیند جدیدی را برای بازیابی فلزات با ارزش از لجن مس آندی ارائه کردند. این فرایند عمدتاً شامل لیچینگ، استخراج مایع - مایع و احیاء می باشد.

ابتدا لجن مس زدائی شده با اسید نیتریک در غلظت ۴ تا ۹ مول و دمای ۴۰ تا ۱۱۵ درجه سانتیگراد لیچ شد که بدین ترتیب نقره، سلنیم و تلوریم در اسید حل ولی طلا و سایر ناخالصی ها در مواد جامد باقی ماندند.

نظر به اینکه مواد با ارزش از جمله سلنیم در بخش ۱۰۱۱- نمونه متمرکز است [۴] لذا با استفاده از استوب سیکلون مواد $+17\mu\text{m}$ که عموماً باریت می باشد حذف و بدین ترتیب مقدار سلنیم در بخش دانه ریز تا حدود ۱۵ درصد افزایش یافت و در نهایت این بخش مورد لیچینگ قرار گرفت که مصرف مواد

شیمیایی نیز بدین ترتیب کاهش یافت.

برای یافتن تاثیر پارامترها بر فرایند لیچینگ از روش طراحی آزمایش تاگوجی استفاده شد. لذا سه فاکتور دما، غلظت اسید و زمان در سه سطح (۳) مورد مطالعه قرار گرفت. فاکتورهای اصلی براساس تحقیقات قبلی و سطوح آنها براساس آزمایشهای اولیه انتخاب شدند.

روش انجام کار

در عملیات لیچینگ سلنیم عوامل مستقل شناسایی شده در جدول ۱ و سطح انتخابی آنها بر اساس تئوری مسئله و تجربه های قبلی انتخاب گردیدند.

جدول ۱: عوامل و سطوح شناسایی شده برای لیچینگ سلنیم

سطوح			علامت اختصاری	عوامل
۴	۳	۲	A	Acidity (M)
۱۰۰	۹۰	۸۰	B	Temp. (°C)
۶۰	۴۰	۲۰	C	Time (Min.)

به تاثیرات متقابل سه عامل مورد نظر و بقیه به ستونهای تشخیص خطای بین آزمایشها اختصاص پیدا کردند [۵و۶]. آزمایشها بر اساس ترکیبات مختلف طرح L₂₇ اجرا و پاسخ خروجی، بازیابی سلنیم بر حسب درصد بدست آمد که نتایج آن در جدول ۲ ملاحظه می شوند.

طرح کامل آزمایشی برای این عوامل و سطوح $3^3 = 27$ آزمایش می شود. در نتیجه طرح آزمایشی L₂₇ تاگوجی برای انجام آزمایشها انتخاب گردید که شامل ۲۷ آزمایش برای حداکثر ۱۳ عامل مستقل مناسب می باشد. اما بدلیل اینکه در طرح مورد نظر تنها سه عامل مستقل شناسایی شده بودند، تعدادی از ستونهای باقیمانده آرایه L₂₇،

جدول ۲: طرح آزمایشی L₂₇ تاگوچی با عوامل جاگذاری شده و نتایج آزمایشها

Run	A		B		A×B		C	A×C		B×C		e				بازیابی سلنیم (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	11	9	10	12	13			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32.20	
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	40.53	
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	50.48	
4	1	2	2	2	1	1	1	2	3	2	2	3	3	3	49.28	
5	1	2	2	2	2	2	2	3	1	3	3	1	1	1	72.71	
6	1	2	2	2	3	3	3	1	2	1	1	2	2	2	83.72	
7	1	3	3	3	1	1	1	3	2	3	3	2	2	2	72.06	
8	1	3	3	3	2	2	2	1	3	1	1	3	3	3	82.32	
9	1	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1	1	1	86.69	
10	2	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	2	3	3	45.12	
11	2	1	2	3	2	3	1	2	2	3	1	3	1	1	51.21	
12	2	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	1	2	2	57.67	
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	3	1	1	2	2	79.85	
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	1	2	2	3	3	81.32	
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	2	3	3	1	1	88.80	
16	2	3	1	2	1	2	3	3	2	1	2	3	1	1	83.17	
17	2	3	1	2	2	3	1	1	3	2	3	1	2	2	92.13	
18	2	3	1	2	3	1	2	2	1	3	1	2	3	3	94.85	
19	3	1	3	2	1	3	2	1	1	3	2	3	2	2	54.80	
20	3	1	3	2	2	1	3	2	2	1	3	1	3	3	57.87	
21	3	1	3	2	3	2	1	3	3	2	1	2	1	1	77.17	
22	3	2	1	3	1	3	2	2	3	1	3	2	1	1	93.99	
23	3	2	1	3	2	1	3	3	1	2	1	3	2	2	94.57	
24	3	2	1	3	3	2	1	1	2	3	2	1	3	3	97.40	
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	2	1	1	3	3	95.23	
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	3	2	2	1	1	98.34	
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	1	3	3	2	2	99.11	

تاثیر آن در مقایسه با عوامل اصلی بسیار ناچیز است و می توان
از آن چشم پوشی کرد ولی عامل دوم (دما) دارای تاثیر بسیار
زیادی بر بازیابی سلنیم می باشد.

تحلیل نتایج

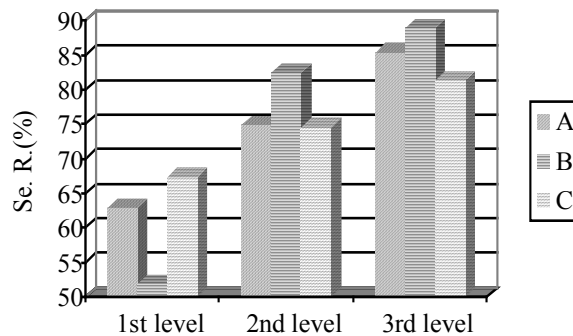
آنالیز واریانس نتایج نشان داد که هر سه عامل بر پاسخ
خروجی تاثیر بارز دارند (جدول ۳). تاثیر متقابل بین عامل اول
و سوم نیز با سطح اطمینان ۹۵٪ تقریباً بارز می باشد اما مقدار

جدول ۳: جدول آنالیز واریانس و درصد شرکت پذیری عوامل طرح L₂₇

منبع	f	S	V	F	SP	%
A	2	2269.01	1134.50	116.00	2249.45	21.41
B	2	7037.26	3518.63	359.77	7017.70	66.79
C	2	877.38	438.69	44.85	857.8	8.16
A*B	4	60.50	15.12			
A*C	4	147.27	36.82	3.76	147.27	1.40
B*C	4	106.28	26.57			
e1	8	229.58	28.70			
(e)	(16)	(156.48)	(9.78)		234.68	2.23
Total	26	10506.91			10506.91	100.00

$$F(0.05,2,16)=3.63$$

برای شناسایی سطح بهینه عوامل بارز، مقدار تاثیر هر کدام از عوامل بدست آمد که در نمودار ۱ مشاهده می شوند.



نمودار ۱: تاثیر سطوح عوامل بر بازیابی طرح L₂₇

باشد، دیگر اجرای طرح کامل آزمایشی براحتی امکان پذیر نمی باشد. بدین منظور از طرحهای کوچکتر آزمایشی که با اطمینان بسیار بالایی همین نتایج را منعکس می کنند استفاده می شود. در طرح فعلی برای مقایسه، آزمایشها بر اساس طرح ۹ آزمایشی L₉ تاگوچی انجام گرفتند. در این طرح امکان بررسی تاثیرات متقابل وجود ندارد (جدول ۴).

همانطور که در نمودار ۱ ملاحظه می شود، سطح سوم کلیه عوامل بهترین نتایج را ارائه می کنند. یعنی با بکارگیری کلیه عوامل در سطح سوم، بیشترین مقدار بازیابی حاصل می شود. این مورد براحتی از نتایج جدول ۲ استنباط می شود. طرح موجود، طرح کامل آزمایشی می باشد. اگر تعداد عوامل درگیر در طرح زیادتیر باشند و یا تعداد سطح بیشتری مورد نظر

جدول ۴: طرح آزمایشی L₉ و نتایج آزمایشها

Run	A	B	C	e	بازیابی سلنیم (%)
1	1	1	1	1	32.20
2	1	2	2	2	72.71
3	1	3	3	3	82.69
4	2	1	2	3	51.21
5	2	2	3	1	88.80
6	2	3	1	2	83.17
7	3	1	3	2	77.17
8	3	2	1	3	93.99
9	3	3	2	1	98.34

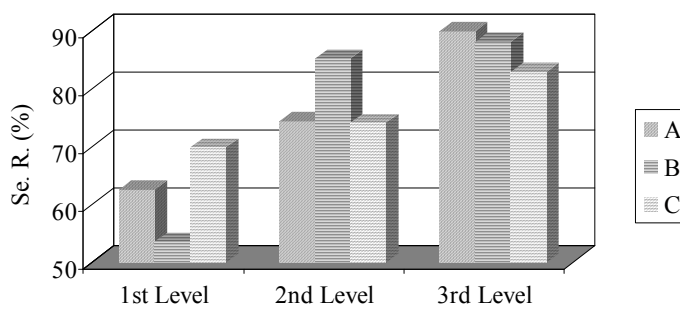
تحلیل واریانسهای نتایج این طرح نشان می دهد که عوامل A و B تاثیر بارز دارند و عامل دما در این حالت نیز تاثیر بیشتری بر مقدار بازیابی دارد (جدول ۵).

جدول ۵: جدول آنالیز واریانس و درصد شرکت پذیری عوامل طرح L₉

منبع	f	S	V	F	SP	%
A	2	1124.34	562.17	15.02	1049.47	28.03
B	2	2202.51	1101.26	29.42	2127.63	56.83
C	2	267.54	133.77			
e1	2	31.97	15.98			
(e)	(4)	(149.75)	(37.44)		567.05	15.14
Total	8	3744.15			3744.15	100.00

$$F(0.05,2,6)=6.94$$

با بدست آوردن مقدار تاثیر سطح هر کدام از عوامل در این حالت نیز سطح سوم عوامل به عنوان سطح بهینه انتخاب شد (نمودار ۲).



نمودار ۲: تاثیر سطوح عوامل بر بازیابی طرح L₉

منابع

- 1- Subramaian K.N, "Process for the recovery of metal values from anode slime" US, Patent. 4229270 oct. 21.1980.
- 2- Heimala S.O. et al. "Hydrometallurgical process for the recovery of valuable components from the anode slimes produced in the electrolytic refining of copper" US. Patent 4002544.1977.
- 3- Wang et al., Hydrometallurgical process for recovering precious metals from anode slimes, US. Patent 4293332, 1981.
- 4- Abdollahy M., The treatment of Sar-Cheshmeh copper anode slimes, PhD. Thesis, Leeds Univ., 1996, U.K.
- 5- Genichi Taguchi, "System of Experimental Design" Vol. 1, KRAUS Internatioanl Publisher, 1987.
- 6- Genichi Taguchi, "System of Experimental Design", Vol. 2, KRAUS International publisher 1987.

نتیجه گیری

- ۱- به کمک روش طراحی آزمایش تاگوچی، با انجام تعداد آزمایش کمتر و با سطح اطمینان بالا می توان به نتایج طرح کامل آزمایشی که نیاز به هزینه و زمان زیاد در اجرا دارد دست یافت.
- ۲- بر طبق نتایج آزمایشهای انجام شده، اگر در عملیات لیچینگ سلنیم، مقدار اسیدی بودن محیط ۴ مول، دمای محیط ۱۰۰ درجه سانتیگراد و زمان ۶۰ دقیقه باشد، بیشترین مقدار بازیابی حاصل می شود.
- ۳- ضمن موثر بودن سه عامل در بازیابی سلنیم، دما دارای بیشترین تاثیر است.
- ۴- تاثیر متقابل دو عامل اول و سوم با سطح اطمینان ۹۵ درصد تقریبا بارز است.
- ۵- مقدار بازیابی سلنیم در شرایط بهینه حدود ۹۹ درصد بدست آمد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مسئولین دانشگاه تربیت مدرس که امکانات این تحقیق را فراهم آورده اند تشکر و قدردانی میشود