

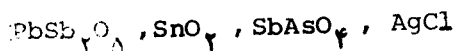
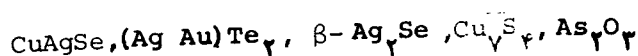
"شناسائی و بررسی ساختار عناصر و ترکیبات موجود در لجن" الکترولیز BICC

دکتر حکمت رضوی زاده

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مواد دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده:

لجن الکترولیز یک محصول جنبی از پالایشگاه مس است که حاوی فلزات قیمتی و سایر فلزات مهم است. جهت یافتن روشی مناسب برای بازیابی فلزات، لازم است ابتدا عناصر و ترکیبات موجود در آن مشخص شوند. برای جداسازی فازهای مختلف از ترکیبات پیچیده لجن آندی، لجن مزبور، در مراحل مختلف، مورد عملیات حل کردن قرار گرفته است و روی باقی مانده های آن آزمایشهای شناسائی انجام شده است. لجن BICC حاوی ترکیبات زیر است:



همچنین با میکروسکپ الکترونی، ساختار متالوگرافی As_2O_3 به صورت ذرات مکعب مستطیل شکل و ساختار متالوگرافی CuAgSe به صورت ذرات حلقه ای شکل شناسائی شده.

۱- مقدمه:

شود. سپس در صورت لزوم در مجاورت هوا آن را مورد تشویه قرار می دهند تا فلزات معمولی محتوی آن به صورت اکسید درآیند. محصول حاصل را با اسید سولفوریک رقیق شستشو می دهند تا مقدار زیادی از مس موجود در آن حذف شود و اگر لجن، حاوی مقادیر کافی از فلزات دیگری نظیر نیکل، کبالت، سرب و غیره باشد قبلاً "مورد عملیات حذف و بازیابی قرار می گیرد. بخصوص اگر میزان سلنیم موجود در لجن از حدود ۱ تا ۳ درصد تجاوز کند به علت ایجاد گازهای خطرناک بایستی حذف و در صورت اقتصادی بودن بازیابی شوند. سپس مواد باقیمانده را در کوره دوره مخصوص ذوب و محصول راکه لیاژی از طلا و نقره است از طریق الکترولیز مورد بازیابی قرار می دهند. (۱، ۲)

در مورد بازیابی فلزات قیمتی از طریق ایدرومتالورژی نیز آزمایش و پژوهشهای مختلفی انجام گرفته است و از خللهای مختلف استفاده شده است. (۳، ۴)

عامل مهمی که در انتخاب روش مناسب برای بازیابی فلزات قیمتی از لجن الکترولیز بایستی مدنظر قرار گیرد،

در هنگام تصفیه مس از طریق الکترولیز، مس آندی در محلول الکترولیت حل می شود و روی صفحه کاتد رسوب می کند. بعضی از ناخالصیهای موجود در آند به صورت لجن الکترولیز در می آیند و در ته سلول الکترولیز ته نشین می شوند که در فواصل معین از سلولها خارج و پس از شستشو به مرحله بازیابی فلزات قیمتی فرستاده و یا خشک و انبار می شوند. بازیابی فلزات قیمتی از لجن الکترولیز، به علت متنوع بودن عناصرش و اقتصادی نبودن بازیابی بعضی از آنها بسیار مشکل و پیچیده است و تاکنون روش استاندارد برای این منظور ارائه نشده است و انتخاب مناسبترین روش برای بازیابی فلزات قیمتی با توجه به آنالیز لجن، انجام می گیرد. روشهای ارائه شده بیشتر بر اساس عناصر موجود در لجن در نظر گرفته شده اند و شامل روش پیرو و ایدرومتالورژی است. در روش پیرومتالورژی بازیابی فلزات قیمتی از طریق تشویه و ذوب می باشد که، امروزه بیشتر از کوره های مخصوصی به نام کوره دوره (۲) استفاده می کنند. در این روش، ابتدا لجن را از داخل یک غربال عبور می دهند تا تکه های درشت مس جدا

1- British Industries Copper Corporation

2- Dore Furnace

مواد به کار رفته و نحوه عملیات الکترولیز می‌تواند متغیر باشد. لذا در صورت بازیابی فلزات از لجن، شایسته است که لجن دقیقاً از لحاظ نوع ترکیب بررسی و آزمایش شود.

جدول شماره ۱. مهمترین ترکیبات موجود در لجن الکترولیز (۱۷)

عناصر	ترکیبات
طلا	Au (Ag Au) Te _۲
نقره	Ag _۲ Se Ag _۲ Te CuAgSe (Ag Au) Te _۲
	AgCl Ag
فلزات گروه پلاتین	بصورت فلز
مس	Cu _۲ S Cu _۲ Se Cu _۲ Te CuAgSe Cu _۲ Cl _۲ Cu
سلنیم	Ag _۲ Se Cu _۲ Se CuAgSe Se
تلوریم	Ag _۲ Te Cu _۲ Te (Ag Au) Te _۲ Te
ارسنیک	As _۲ O _۳ BiAsO _۴ SbAsO _۴
آنتیمون	Sb _۲ O _۳ SbAsO _۴
بیسمو	Bi _۲ O _۳ BiAsO _۴
سرب	PbSO _۴ Pb _۲ Sb _۲ O _۶
قلع	Sn(OH) _۲ SO _۴ SnO _۲
نیکل	NiO
آهن	Fe _۲ O _۳
سیلیس	SiO _۲
روی	ZnO

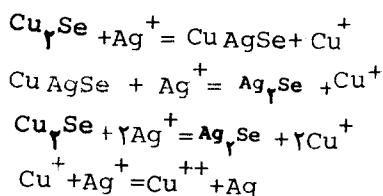
۲- آزمایشهای انجام شده:

برای انجام آزمایشها از لجن الکترولیز کارخانه ذوب مس انگلیس BICC استفاده شده در این کارخانه قراضه های مس پس از عملیات ذوب و تصفیه شعله ای به صورت آندریخته و تصفیه الکتریکی می‌شوند. برای تشخیص عناصر موجود در این لجن ابتدا توسط دستگاه اشعه ایکس فلورسنس (۱) و جذب نوری (۲) آنالیز شیمیائی انجام گرفته و نتایج در جدول شماره (۲) آورده شده است.

ترکیبات موجود در لجن الکترولیز است. به عنوان مثال در ذوب و تشویه، این عامل نقش مهمی در انتخاب درجه دما و سایر فاکتورها ایفا می‌کند. در روش متالورژی تر نیز شناخت ترکیبات، بر روی انتخاب حلال و نحوه انحلال و سایر فاکتورها موثر است. ایجاد شرایط مناسب از طریق شناخت ترکیبات موجود در لجن می‌تواند منجر به افزایش بازدهی عملیات شود.

با شناخت ترکیبات می‌توان حتی در بعضی موارد روشهایی نظیر فلوتاسیون را برای جداسازی انتخاب کرد و از روش ذوب که مستلزم تحمل هزینه های سنگین می‌شود، صرف نظر کرد. مثلاً هنگامی که یک عنصر فقط در یک ترکیب مشخص در لجن ظاهر می‌شود می‌توان از روش فلوتاسیون برای بازیابی آن استفاده کرد. (۵)

در زمینه عناصر و ترکیبات موجود در لجن، پژوهشهای متعددی انجام گرفته است به عنوان مثال در مورد سلنیم در بعضی مقالات (۶،۷) اشاره شده که این عنصر به صورت ترکیب Cu_۲Se در لجن وجود دارد. در مقالات دیگر (۸،۹) بیان شده که ترکیب Cu_۲Se در حین عملیات الکترولیز طبق واکنشهای زیر تبدیل به CuAgSe و Ag_۲Se می‌شود. این ترکیبات بدین صورت وارد لجن می‌شوند و فقط مقدار کمی از آن به صورت Cu_۲Se در لجن باقی می‌ماند.



هدف از این کار تحقیقاتی شناسائی و بررسی عناصر و ترکیبات موجود در لجن الکترولیز BICC است.

در مورد شناسائی و بررسی ترکیبات لجن نیز مقالات متعددی (۱۱، ۱۰، ۹، ۴، ۳) وجود دارد. در این مقالات برای حل کردن لجن در یک یا چند مرحله بسته به نوع ترکیب موجود در لجن حلالهای مختلفی نظیر آب، اسید کلریدریک، اسات آمونیوم، سیانورپتاسیم، اسید نیتریک، برمات پتاسیم، H_۲O_۲ و غیره استفاده شده است.

ترکیبات مختلف عناصر موجود در لجن الکترولیز که تاکنون در لجنهای مختلف شناسائی شده است در جدول شماره (۱) درج شده. از طرفی در منابع (۹، ۴، ۳) نیز اشاره شده که ترکیبات هر لجن با لجن دیگر بر حسب نوع سنگ معدن و

جدول شماره ۲: آنالیز شیمیایی عناصر موجود در لجن الکترولیز: BICC

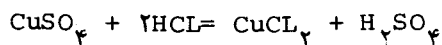
عناصر	درصد	عناصر	درصد	عناصر	درصد
Cu:	۲۳ - ۲۴ %	Ag:	۷ - ۸ %	Se:	۴ - ۵ %
As:	۴ - ۴/۵ %	Sn:	۴ - ۵/۵ %	Te:	۰/۵ - ۰/۵۵ %
Si:	۰/۱۲ - ۰/۲۸ %	Fe:	۰/۰۶ - ۰/۰۸ %	Ni:	۰/۱۸ - ۰/۲۶ %
Sb:	۱/۲ - ۱/۵ %	Zn:	۰/۴۷ - ۰/۵۷ %	Pb:	۱۲ - ۱۵/۵ %
Bi:	۰/۱۴ - ۰/۱۵ %	Au:	۰/۱۶ - ۰/۲۱ %		

۳- بحث و نتایج حاصل:

۱- ۳- بررسی و بحث مراحل حل و جدا کردن باقیمانده‌ها: بعد از عملیات تصفیه الکتریکی مس با وجود اینکه لجن با اسید سولفوریک رقیق شستشو می‌شود و سپس به مراحل بعدی برای بازیابی فلزات قیمتی و سایر فلزات می‌رود هنوز این لجن حاوی عناصر و ترکیباتی است که در آب قابل حل اند. به طوری که روی لجنهای مختلف آزمایش شده است حدود ۶ تا ۲۴ درصد وزنی لجن پس از عملیات الکترولیز در آب قابل حل است علت آن را می‌توان بهتر حل شدن ترکیبات در آب تا در محلول الکترولیت الکترولیز مس دانست. مهمترین ترکیباتی از لجن که در آب حل می‌شوند عبارت اند از



حال اگر نمونه های لجن بعد از عملیات تصفیه، با دستگاه اشعه ایکس آزمایش شوند به علت اینکه در نمونه، میزان مس و تا حدی سرب زیاد است (جدول شماره ۲)، در منحنی سرب فرازهای (۱) مس بخصوص و تعداد محدودی فرازهای سرب سایر ترکیبات را احاطه کرده و بنا بر این نمی‌توان سایر ترکیبات را تشخیص داد. لذا در مرحله اول با استفاده از اسید کلریدریک مقدار زیادی از مس موجود در آن مطابق فرمول زیر حل می‌شود و به درون محلول می‌آید:



در این مرحله که اسید کلریدریک رقیق به کار رفته مقدار کمی از ترکیبات سرب به صورت ارسنات و سولفات حل شده است و بقیه آن در سایر مراحل حل خواهد شد به طوری که مقدار زیادی از $PbSO_4$ پس از انجام مرحله چهارم حذف خواهد شد. در این مرحله از اسید کلریدریک غلیظ به علت حل

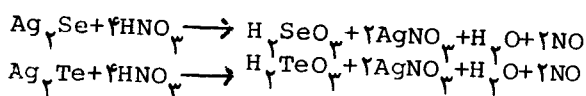
لجن الکترولیز از ترکیبات مختلفی با غلظتهای گوناگون تشکیل شده است. در صورتی که لجن پس از عملیات تصفیه الکتریکی مس، مستقیماً با دستگاه اشعه ایکس آنالیز شود فقط تعداد محدودی و معمولاً "یک یا دو ترکیب شناسایی خواهند شد. بنابراین بایستی روشهای اتخاذ شود که به وسیله آن بتوان مرحله به مرحله تعدادی از ترکیبات شناخته شده را حذف کرد تا غلظت ترکیباتی که به مقدار کم در لجن وجود دارند افزایش یابد و بدین وسیله شناسایی شوند.

با توجه به منابع (۳، ۴، ۹، ۱۰) و آزمایشهای مقدماتی انجام شده مناسبترین روش برای این نوع لجن به قرار زیر است: **مرحله اول:** حذف ترکیبات مس و سرب - برای این منظور، مقدار ۴۰ گرم لجن الکترولیز در ۲۴۰ میلی لیتر محلول متشکل از ۴۰ میلی لیتر اسید کلریدریک و ۲۰۰ میلی لیتر آب به مدت ۲ ساعت در دمای محیط حل شده است.

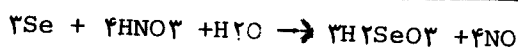
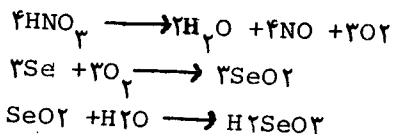
مرحله دوم: حذف ترکیباتی نظیر $CuAgSe$ و بعضی تلوریدها - برای این منظور، ۲۰ گرم از لجن باقیمانده مرحله اول در ۲۰۰ میلی لیتر محلول یک درصد سیانور سدیم NaCN به مدت ۲ ساعت در دمای محیط حل شده است.

مرحله سوم: حذف بعضی از ترکیبات سلنیم و تلورید و سولفور - برای این منظور، ۱۰ گرم از لجن باقیمانده مرحله دوم در ۲۰۰ میلی لیتر محلول حاوی ۶۷ میلی لیتر اسید نیتریک و ۱۳۳ میلی لیتر آب به مدت ۳ ساعت در ۸۰ درجه سانتیگراد حل شده است.

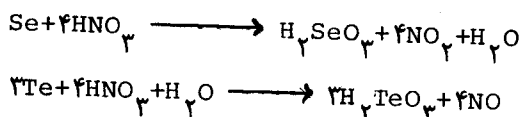
مرحله چهارم: حذف بعضی از اکسیدهای آنتیمون و آرسنیک - برای این منظور، لجن باقیمانده از مرحله سوم در ۵۰ میلی لیتر محلول حاوی ۲۵ میلی لیتر اسید کلریدریک و ۲۵ میلی لیتر آب به مدت ۲ ساعت و در ۸۰ درجه سانتیگراد حل شده است.



عمل حل شدن سلنیم در اسید نیتریک از طریق اکسیداسیون آن توسط HNO_3 مطابق فرمولهای زیر صورت می‌گیرد ..



همچنین سلنیم و تلوریم در دمای محیط با اسید نیتریک به صورت زیر قابل حل است .



در منابع (۳، ۴، ۹) نیز اشاره شد که ترکیبات سولفورس در اسید نیتریک قابل حل است . از این رو اسید نیتریک به عنوان حلال این مرحله به کار رفته است و بعد از حل ترکیبات Ag_7Se و Cu_7S_4 ترکیبات PbSO_4 و PbSb_2O_5 قابل تشخیص است . در صورتی که منبع شماره ۹ بعد از این مرحله فقط به ترکیب $\text{Sb}_2\text{O}_5 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ دست یافته است . مرحله چهارم برای حل ترکیبات باقیمانده‌های نظیر PbSb_2O_5 و PbSO_4 در نظر گرفته شده و بنابراین از اسید کلریدریک در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شده است . بعد از عملیات حل کردن لجن باقی مانده BICC در این مرحله ترکیبات AgCl و SbAsO_4 ، SnO_2 و AgCl به دست آمده در صورتی که منبع شماره ۹ بعد از این مرحله به ترکیبات SiO_2 ، SnO_2 ، PbSb_2O_5 و $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ دست یافت است از مقایسه لجن BICC و لجن مورد استفاده در منبع شماره ۹ در مراحل سوم و چهارم نتیجه می‌شود که:

- ۱- ترکیب SnO_2 در هر دو نمونه بعد از مرحله چهارم وجود دارد .
- ۲- ترکیبات سرب و آنتیموان در هر دو نوع لجن وجود دارد منتی به اشکال و ترکیبات مختلف که به شرایط و نحوه الکترولیز و بخصوص به میزان یونهای آنتیموان بستگی

شدن بسیاری از ترکیبات استفاده نمی‌شود .

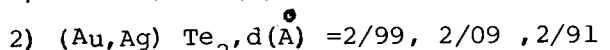
در بخش بازیابی فلزات قیمتی کارخانجات ، برای مس زدائی لجن الکترولیز از اسید سولفوریک رقیق استفاده می‌شود و طی این مرحله میزان مس را به حدود ۲ تا ۳ درصد در لجن تقلیل می‌دهد (۱۲) . ولی اسید سولفوریک روی ترکیبات سرب اثر چندانی ندارد و بنابراین در صورتی که حذف سرب نیز مورد نظر باشد بایستی از حلال دیگری استفاده کرد . برای حذف سرب و شناسائی سایر ترکیبات معمولاً "اسید کلریدریک و استات آمونیوم به کار می‌رود . (۳، ۴، ۹) . از استات آمونیوم موقعی استفاده می‌شود که در لجن میزان عناصر مس ، سلنیم ، و نقره کم باشد و حذف مس مورد نظر نباشد . بنابراین با توجه به جدول شماره ۲ مناسب ترین حلال برای این مرحله اسید کلریدریک است .

بعد از حذف مس و واحدی سرب ، ترکیبات $(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}_7$ و CuAgSe قابل تشخیص می‌شوند . با توجه به اینکه اکثر ترکیبات طلا در سیانورها قابل حل اند (۱۳) و با توجه به اینکه ترکیبات سلنیم در مجاورت مس و نقره یعنی CuAgSe ، اکثراً "در سیانور سدیم حل می‌شوند . (۳ و ۴ ، ۹) ، لذا حلال مرحله دوم سیانور سدیم انتخاب شده است . از مقایسه نتایج به دست آمده با سایرین (۳، ۴، ۹) در این مرحله این نتیجه مهم حاصل می‌شود که در لجنهای الکترولیز که میزان سلنیم ، نقره و تلوریم موجود در آنها کم است (سلنیم حدود ۱/۷٪ و میزان کم نقره و تلوریم) ترکیبات CuAgSe و $(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}_7$ اصلاً تشکیل نشده ولی در لجنهای با حدود ۴ تا ۸ درصد Se ، ۷ تا ۱۴ درصد Ag و ۵/۵ تا ۱/۵ درصد Te ، ترکیبات CuAgSe و $(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}_7$ تشکیل شده و این ترکیبات با نتایج به دست آمده در این تحقیق کاملاً مطابقت دارد .

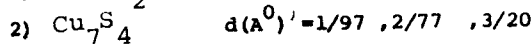
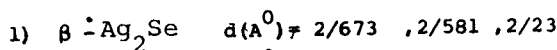
لازم به تذکر است که در مورد لجنهای با مقدار کم سلنیم و نقره که پس از مرحله اول ترکیبات Ag_7Se و Cu_7Se پدید می‌آید مرحله دوم کاملاً حذف می‌شود . اما برای لجن الکترولیز BICC مرحله دوم لازم است و پس از این مرحله و حذف ترکیبات CuAgSe و $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_7$ توسط محلول سیانور ترکیبات Ag_7Se و Cu_7S_4 قابل تشخیص می‌شوند . در مرحله سوم حل ترکیبات جدید Cu_7S_4 و Ag_7Se و ترکیبات Ag_7Te که در مرحله دوم حل نشده اند مورد نظر است حل ترکیبات Ag_7Se و Ag_7Te مطابق فرمولهای زیر به وسیله HNO_3 عملی خواهد بود (۱۴) .

دارد .

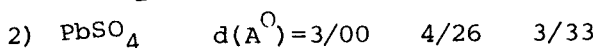
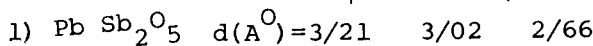
بعد از انجام مرحله اول و آنالیز باقیمانده لجن ، ترکیبات زیر به دست آمده :



با توجه به جدول شماره (۱) نتیجه می شود که مشابه هر دو ترکیب در جدول وجود دارد. بعد از مرحله دوم و حل کردن با (NaCN) ترکیبات زیر به دست می آید :

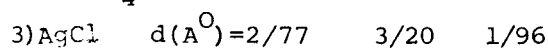
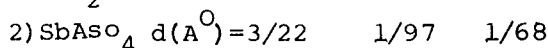
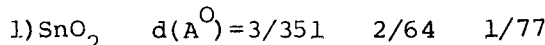


این دو ترکیب نیز در جدول (۱) وجود دارند ولی در اینجا ترکیب سولفورس به صورت Cu₇S₄ ظاهر شده است. بعد از مرحله سوم و حل کردن با HNO₃ ترکیبات زیر به دست می آید :



مشابه ترکیب PbSO₄ در جدول وجود دارد ولی ترکیب PbSb₂O₅ به صورت ترکیب جدید ظاهر شده که می توان آن را به عنوان ترکیب جدید شناخت و به جدول شماره (۱) اضافه کرد .

بعد از مرحله چهارم ترکیبات زیر به دست می آید :



بعد از این مرحله ، ترکیبات SnO₂ ، AgCl ، و SbAsO₄ حاصل شده که مشابه با ترکیباتی است که در جدول شماره ۱ وجود دارد .

بررسی تحقیقاتی که با میکروسکپ الکترونی انجام شده نشان می دهد که تمام ذرات لجن الکترولیز بسیار ریز ولی به صورت آگومره است . همچنین می توان در این لجن ترکیباتی نظیر AS₂O₃ ، CaSiO₃ ، و CaSO₄ را شناسایی کرد . شکل ظاهری ترکیب SnO₂ چنانکه در منابع (۹، ۴) به وسیله میکروسکپ نوری و الکترونی نشان داده شده سوزنی شکل است که مشابه آن نیز در لجن الکترولیز BICC به صورت سوزنی شکل وجود دارد . نیکل علاوه بر ترکیب NiO که در جدول شماره ۱ آورده شده می تواند مطابق آنچه در بعضی منابع (۹، ۱۶) ذکر شده به نام (micaceous) و به فرمول ۲Cu₂O.۴NiO.Sb₂O₃ یافت شود . در منابع به شکل ظاهری AS₂O₃ ، CuAgSe توسط میکروسکپ اشاره ای

۳- در نمونه BICC ترکیب PbSO₄ ظاهر شده که علت آن مقدار زیاد Pb و استفاده از حلال اسید کلریدریک رقیق در مرحله اول است ولی این ترکیب در نمونه های منبع شماره ۹ به علت مقدار کم سرب وجود ندارد .

۴- در نمونه BICC ترکیب AgCl ظاهر شده که با توجه به غلظت زیاد نقره اضافه کردن کلر به الکترولیت بدین منظور است . در صورتی که در نمونه های منبع شماره ۹ احتمالاً به علت کم بودن میزان کلر ، نقره حتی به صورت آزاد در لجن وجود دارد .

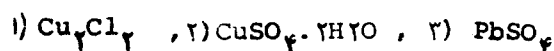
۵- در نمونه BICC به علت اینکه بارکوره ذوب از قراضه های مس می باشد ترکیب SiO₂ وجود ندارد در صورتی که در منبع شماره ۹ که بارکوره سنگ معدن پرعیار شده است ، ترکیب SiO₂ وجود دارد .

از نتایج به دست آمده در این بخش چنین استنباط می شود که ترکیبات لجنها با یکدیگر تفاوت دارند و بنابراین لازم است که عناصر و ترکیبات هر لجن را جداگانه شناسایی و بررسی کرد .

۲-۳- ترکیبات به دست آمده از لجن الکترولیز

برای تعیین نوع ترکیب از دستگاه اشعه ایکس با طول موج $\lambda = 1/54178 \text{ \AA}$ استفاده شده و برای شناسایی یک ترکیب بایستی حتماً تمام فرازها (۱) و بخصوص ۳ فراز (۱۵) با بیشترین شدت (۲) ظاهر شوند. در این جافقط ۳ فراز (۱۵) آنالیز آورده شده و بقیه با ۳ فراز مزبور در جدول شماره ۳ خلاصه شده است .

از بررسی و آنالیز لجن BICC که هیچ گونه عملیاتی روی آن انجام نشده ترکیبات زیر شناسایی شده است :



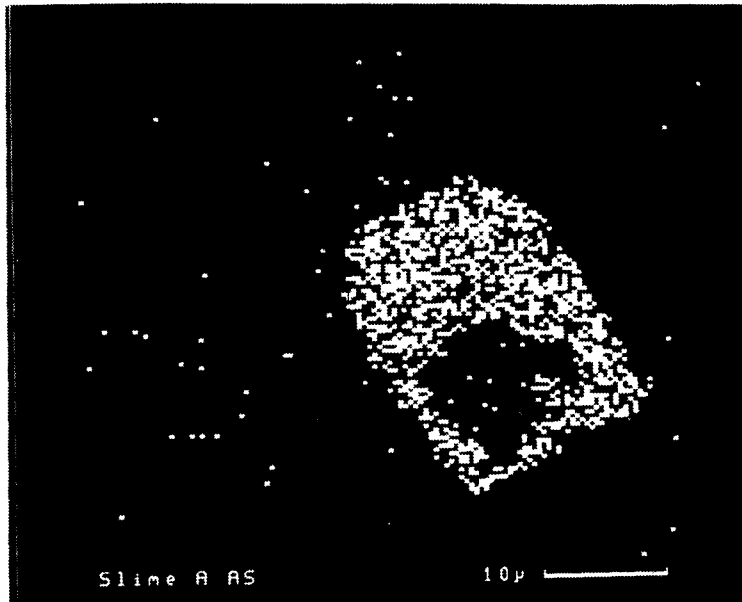
از مقایسه نتایج حاصل و جدول شماره (۱) استنباط می شود که ترکیبات Cu₂Cl₂ و PbSO₄ نیز در جدول وجود دارند ولی ترکیب CuSO₄.۲H₂O را می توان به عنوان ترکیب جدید شناخت و به جدول اضافه کرد . علت تشکیل آن را می توان چنین توجیه کرد که اگر میزان مس در محلول الکترولیت از حدود ۵۵ g/lit تجاوز کند احتمال تشکیل مقدار کمی کریستالهای کات کبود CuSO₄.۰.۵H₂O و یا مثلاً " به طور ناقص CuSO₄.۲H₂O وجود دارد .

نشده در این تحقیقات، شکل ظاهری As_2O_3 را میکروسکپ الکترونی به صورت مکعب مستطیل مانند شناسائی کرده است که در شکل (۱) نشان داده شده و شکل ۲، عکس اشعه ایکس $AS-K\alpha$ آن توسط میکروسکپ الکترونی وبا استفاده از سیستم EDAX است.

شکل ظاهری $CuAgSe$ را میکروسکپ الکترونی به صورت حلقه‌ای شناسائی کرده و حلقه‌ها معمولا " قطری در حدود ۳ تا ۸ میکرون دارند. شکل ۳، ترکیب $CuAgSe$ را به صورت حلقه‌ای و شکل ۴، عکس اشعه ایکس $(Ag-K\alpha)$ آن را توسط میکروسکپ الکترونی وبا استفاده از سیستم EDAX نشان می‌دهد.



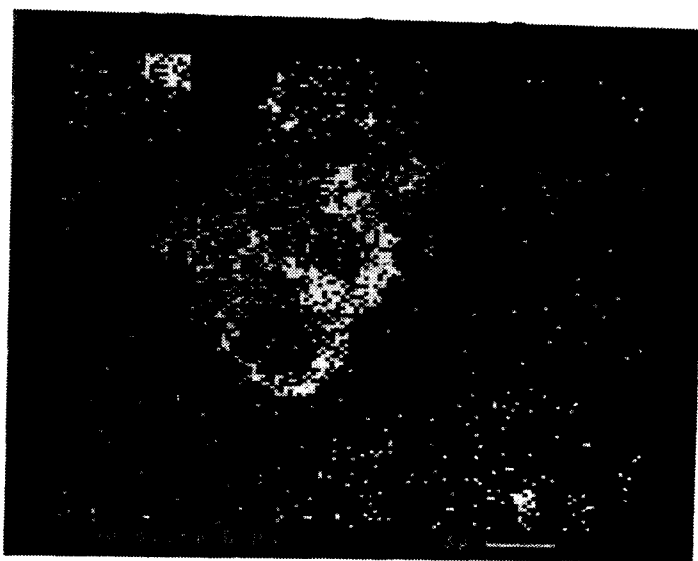
شکل ۱: ترکیب As_2O_3 در لجن الکترولیز: توسط میکروسکپ الکترونی



شکل ۲: T:نالیز X-ray ترکیب As_2O_3 در لجن الکترولیز توسط میکروسکپ الکترونی
As-k α (EDAX)



شکل ۳: ترکیب CuAgSe در لجن الکترولیز توسط میکروسکپ الکترونی



شکل ۴: آنالیز X-ray ترکیب CuAgSe در لجن الکترولیز توسط میکروسکپ الکترونی
Ag-Kα (EDAX)

جدول شماره ۳: شدت و فرازها (Peaks) ترکیبات استخراج شده از منحنی‌های اشعه ایکس لجن الکترولیز BICC

CuAgSe	(Ag Au)Te _γ		Ag _γ Se		Cu _γ S _γ		Pbsb _γ O _Δ		PbSO _γ		SnO _γ		SbAsO _γ		AgCl	
	d(A°)	I/I _L	d(A°)	I/I _L	d(A°)	I/I _L	d(A°)	I/I _L	d(A°)	I/I _L	d(A°)	I/I _L	d(A°)	I/I _L	d(A°)	I/I _L
۲/۸۹	۳/۷۴	۱۰	۴/۱۵	۲۰	۳/۳۶	۲۰	۳/۲۱	۱۰۰	۴/۲۶	۸۷	۳/۳۵۱	۱۰۰	۳/۶۸	۲۰	۳/۲۰	۵۰
۲/۶۳	۲/۹۹	۱۰۰	۲/۸۹	۱۰	۳/۲۰	۵۵	۳/۰۲	۹۰	۳/۸۱	۵۷	۲/۶۴	۸۰	۳/۴۹	۳۵	۲/۷۷	۱۰۰
۲/۴۹	۲/۹۱	۷۰	۲/۶۷۳	۱۰۰	۲/۷۷	۶۵	۲/۶۶	۴۵	۳/۳۳	۸۶	۲/۳۶	۲۵	۳/۲۲	۱۰۰	۱/۹۶	۵۰
۲/۱۳	۲/۱۹	۵۰	۲/۵۸۱	۱۰۰	۲/۵۴	۳۰	۱/۹۲	۲۰	۳/۲۲	۷۱	۱/۷۷	۶۵				
۲/۰۳	۲/۰۹	۹۰	۲/۲۳	۶۰	۲/۱۶	۴۰	۱/۸۴	۳۰	۳/۰۰	۱۰۰	۱/۶۷	۱۸	۲/۷۹	۳۵		
۱/۴۵	۲/۰۶	۶۰	۲/۰۷	۲۰	۱/۹۷	۱۰۰	۱/۶۵	۱۵	۲/۶۹	۴۶	۱/۴۹	۱۴	۱/۹۷	۶۰		
۱/۲۰	۱/۹۴	۳۰	۱/۸۷	۲۰	۱/۸۸	۱۰	۱/۶۰	۱۵	۲/۳۰	۱۷	۱/۴۱	۱۶	۱/۶۸	۶۰		
۱/۰۳	۱/۷۵	۴۰	۱/۶۶۸	۱۰	۱/۶۷۷	۳۵	۱/۵۷	۱۰	۲/۲۷	۲۰	۱/۲۱	۱۲	۱/۵۷	۱۸		
	۱/۶۹	۴۰	۱/۵۰۴	۱۰					۲/۱۶	۲۶						
	۱/۵۰	۵۰	۱/۴۴۰	۲۰					۲/۰۴	۷۶						
			۱/۲۴۲	۲۰					۱/۹۷	۲۱						

فهرست منابع

- 1) Arthur H. Leigh
Annual Meeting AIME 1974 P.95/ 110
- 2) A. Butts
copper H.P.co INC 1970
- 3) Montoya-jurdo, j.L. Msc Thesis
Dept. of Metallurgg a. Min. Eng.
univ. of Leeds 1984.
- 4) Zhou, T.L. PhD Theis,
Dept. of Mining a. Mineral Eng.
univ. of Leeds 1984.
- 5) R.T. Hukki u. u. Runolina
Trans. AIME 187 Min. Eng. (1950
P.1131
- 6) H.J. Lange, B. Geidel K. Hein u.H.
Baum Freiburger Forschungsheft 1981
P. 123/141
- 7) H.J. Lange K. Hein D. Schab u. B.
Geidd Erzmetall 1977(30)9, S.369/375
- 8) Grejver T.N.
Cvetn. Met. 1965(38)1 P.28/33
- 9) Hennig u. Pawlěk
Erzmetall 13(1960) s.205/212
- 10) Gromohová/ Buketov
Trudy khiko Metallurgicheskii Inst.
1967(3) P.40/51
- 11) Gemelin Handbuch der anorganischen
Chemie kupfer Teil A 1955
- 12) A.K. Biswas, W.G. Davenport Extractive
Metallurgy of Copper 1976
- 13) Winnacker -Kuechley Chemische
Technologie B.6 1973
- 14) F. Habashi
Principles of Extractive Metallurgy Vol2
Hydrometallurgy 1970
- 15) Powder Diffraction File
Inorganic Phases 1984
International Centre of Diffraction
DATA
- 16) K. Mnn F.Pawlek u.k. Plieth Erzmetall
(1959) H.6 s.267/272

۱۷- حکمت رضوی زاده و رامزوقار:

کتاب متالورژی مس

انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران شماره ۱۰۱/۱۳۶۸