

فصل ششم : مطالعات فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی

❖ ۱-۶ مقدمه‌ای در روش فرآوری کانسنگ‌های طلا

❖ ۲-۶ مطالعات فرآوری با استفاده از میز لرزان از شش نمونه آبرفت طلادار زرمهر

❖ ۳-۶ بحث و نتیجه‌گیری

۶-۱- مقدمه‌ای در روش فرآوری کانسنگ‌های طلا

روش‌های مختلفی برای فرآوری کانسنگ‌های طلا وجود دارد که باید با مطالعاتی که بر روی کانسنگ انجام می‌شود روش مناسبی برای فرآوری آن انتخاب کرد. اگر طلا بصورت ذخایر آبرفتی باشد برای فرآوری آن روش‌های ثقلی مناسب‌ترین روش است، اگر طلا بصورت آزاد یا ناتیبو باشد روش ثقلی پیش‌فرآوری و روش نهایی آمالگاسیون است، اگر بصورت ذرات خیلی ریز در داخل سنگ باشد روش سیانوراسیون قابل توصیه خواهد بود. اگر طلا بصورت ترکیب با کانی‌های دیگر باشد فرآوری مشکل‌تر و پیچیده‌تر می‌شود و هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای فرآوری و استحصال کانسارهای پیچیده طلا زیاد می‌شود. حتی بعضی کانسارهای طلا وجود دارند که هنوز روش فرآوری مناسبی برای آن‌ها پیدا نشده‌است، در زیر به روش‌های مختلف فرآوری اشاره می‌گردد و با توجه به اینکه ترکیبی از دو روش ثقلی (میز لرزان) و آمالگاسیون شناخته شده‌ترین روش‌های بکارگرفته شده در این نوع ذخایر (پلاسرهای آبرفتی) می‌باشد در ذیل به اختصار به شرح آن پرداخته‌ایم.

۶-۱-۱- روش‌های ثقلی

روش‌های ثقلی از متداول‌ترین شیوه‌های پرعیارسازی مواد معدنی می‌باشند که در آن از اختلاف وزن مخصوص کانی‌های مختلف برای جدایش آن‌ها از یکدیگر استفاده می‌شود. در قدیم از این روش برای استخراج طلا از ذخایر آبرفتی پلاسر استفاده می‌شد. معمولاً از این روش برای جدا کردن ذرات دانه درشت طلا استفاده می‌شود. اگرچه اخیراً شرکت‌های سازنده دستگاه‌های کانه‌آرائی، دستگاه‌هایی را معرفی کرده‌اند که می‌توانند ذرات طلا را حتی تا ابعاد یک میکرون و کمتر جدا کنند (مانند جداکننده نلسون و نادسن). از روش‌های ثقلی کمتر به صورت مستقل در بهره‌برداری از معادن و استحصال طلا استفاده می‌شود و اکثراً از این روش به همراه روش سیانوراسیون و ملقمه‌سازی

می‌شود و در قسمت‌های بعدی میز آب شستشو از بالا به آن اضافه می‌گردد. توسط مکانیزمی حرکت نوسانی در جهت طول میز به آن وارد می‌شود، این مکانیزم به گونه‌ای است که میز را به آرامی جلومی برد و به سرعت به عقب برمی‌گرداند. در نتیجه ذرات جامد بر روی سطح در امتداد طول آن به جلو پرتاب می‌شوند. این عمل باعث می‌شود که ذرات سنگین‌تر در امتداد طول حرکت کرده و به قسمت جمع‌کننده محصول پرعیار بروند و مواد سبک‌تر عرض میز را طی کرده و در قسمت باطله ریخته می‌شوند.



شکل ۶-۱: دورنمایی از دستگاه میز لرزان

۶-۱-۲- روش آمالگاسیون یا ملقمه سازی

در طی قرن‌ها روش ملقمه‌سازی عمده‌ترین روش برای جدا کردن طلا و نقره آزاد یا طبیعی از کانه‌های حاوی آن‌ها بوده‌است. اساس این روش بر خاصیت جذب طلا و نقره توسط جیوه استوار است. با استفاده از این روش به سادگی می‌توان طلا را از دیگر کانی‌های باطله جدا نمود. این روش برای کانسارهایی که طلای آزاد با عیار قابل ملاحظه‌ای دارند کاربرد دارد. در ابتدا از این روش به تنهایی استفاده می‌شد ولی بعد از استفاده از روش سیانوراسیون، روش ملقمه‌سازی به عنوان روش مکمل سیانوراسیون به کار برده می‌شود.

اصول روش ملقمه‌سازی: معمولاً در این روش ماده معدنی تا ۷۵ درصد زیر ۷۵ میکرون (۲۰۰ مش) خرد شده و سپس پالپی با غلظت ۴۰ درصد وزنی جامد تهیه می‌شود. پالپ را داخل یک آسیای گلوله ای می‌ریزند و حداقل به اندازه وزن طلا و نقره موجود در ماده معدنی، به آن جیوه اضافه می‌کنند (البته همیشه ۱۰ تا ۲۰ درصد بیشتر از وزن طلا و نقره موجود به آن جیوه اضافه می‌شود). تعداد کمی هم گلوله به آن اضافه می‌کنند و به مدت ۲ تا ۱۲ ساعت آسیا را به کار می‌اندازند. پس از آنکه طلا و نقره کاملاً جذب جیوه شد محتویات آنرا خارج کرده داخل آسیا را کاملاً تمیز می‌کنند. در زیر آسیا چند میز که با هم اختلاف ارتفاعی حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر دارند وجود دارد و سه عدد ظرف جداگانه در بین میزها قرار دارد. محتویات داخل آسیا را با آب به داخل اولین ظرف ریخته، ضمن شستشو مواد خارج شده و از اولین ظرف روی اولین میز ریخته و سپس از آن وارد دومین میز می‌گردد. از ظرف دوم مواد بر روی میز دوم ریخته می‌شود.

میز دوم از جنس مس ساخته شده که روی آن جیوه‌اندود شده‌است هنگامی که پالپ به آرامی از روی میز دوم عبور می‌کند ذرات جیوه حاوی طلا که در کف میز حرکت می‌کنند به میز می‌چسبند. سپس این مخلوط را شستشو می‌دهند تا گل و لای آن کاملاً جدا شود، جیوه‌ای که روی میز باقیمانده را جمع‌آوری می‌کنند و بوسیله فیلتر کردن بر روی پارچه ضخیمی آب و جیوه بوسیله فشار هوا تبخیر می‌شود و طلا و نقره باقیمانده بر روی فیلتر جمع‌آوری شده و به بخش ذوب ارسال می‌گردد.

۶-۲- مطالعات فرآوری با استفاده از میز لرزان از شش نمونه آبرفت طلا دار زرمهر

پس از نمونه‌برداری‌های حجیم (bulk sampling) از ۶ چاه پرعیار نمونه‌هایی باشماره‌های ۱۱۱۱، ۲۰۳۷، ۲۰۳۸، ۲۰۵۰، ۲۰۵۶ و ۲۰۵۸ برای انجام آزمایش‌های فرآوری و امکان‌پذیری استحصال طلا انتخاب گردید. وزن هر کدام از این نمونه‌ها در هنگام برداشت ۳۰۰ کیلوگرم بوده است که برای آزمایش میز حدود ۱۰-۵ کیلوگرم بعد از تقسیم کردن مورد استفاده قرار گرفته است.

با توجه به پلاستی بودن نمونه، جداکننده میز لرزان برای پریارسازی طلا انتخاب گردید. دستگاه مورد استفاده در این آزمایش از نوع Wilfley بود که در شکل ۶-۲ ارائه گردیده است.



شکل ۶-۲: دستگاه میز لرزان مورد استفاده در آزمایشات- آزمایشگاه کانه آرایی سازمان زمین شناسی

۱- آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۱۱۱۱

بر روی نمونه ۱۱۱۱ آزمایش میز لرزان صورت گرفت که از آن ۳ نمونه به عنوان محصول‌های کنسانتره، میانی و باطله حاصل گردید. شرایط دستگاه در این آزمایش به صورت زیر بود.

دبی آب همراه بار: ۸ لیتر در دقیقه

دبی آب شستشو: ۱۲ لیتر در دقیقه

شیب دستگاه: ۴/۵ درجه

زمان باردهی: ۸ دقیقه

نتایج این آزمایش پس از تعیین عیار طلا به صورت جدول ۱ ارائه می‌گردد.

جدول ۶-۱- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۱۱۱۱

محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار طلا (ppb)	بازیابی طلا (%)
کنسانتره	۴۸۶	۶/۹۸	۱۲۰	۸۱/۴۷
میانی	۱۶۹۸	۲۴/۳۹	<۱۰	۱۱/۸۶
باطله	۴۷۷۷	۶۸/۶۳	<۱۰	۶/۶۷
مجموع	۶۹۶۱	۱۰۰	۱۰/۲۸	۱۰۰

لازم به ذکر است که مقادیر کمتر از ۱۰ ppb توسط دستگاه‌های آنالیز قابل اندازه‌گیری نبوده‌اند و برای این مقادیر در عملیات محاسبه مجموع محصولات، عیار ۵ ppb برای محصول میانی و ۱ ppb برای باطله در نظر گرفته شده است.

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که عیار طلا به میزان قابل توجهی توسط میز لرزان افزایش یافته است. برای این آزمایش بازیابی نیز قابل قبول می‌باشد.

۲- آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۳۷

بر روی نمونه ۲۰۳۷ آزمایش میز لرزان صورت گرفت که از آن ۳ نمونه به عنوان محصول‌های کنسانتره، میانی و باطله حاصل گردید. شرایط دستگاه در این آزمایش به صورت زیر بود.

دبی آب همراه بار: ۸ لیتر در دقیقه

دبی آب شستشو: ۱۲ لیتر در دقیقه

شیب دستگاه: ۴/۵ درجه

زمان باردهی: ۵ دقیقه

نتایج این آزمایش پس از تعیین عیار طلا به صورت جدول زیر ارائه می‌گردد.

جدول ۶-۲- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۳۷

محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار طلا (ppb)	بازیابی طلا (%)
کنسانتره	۶۱۵	۸/۲۸	۲۳	۴۸/۸۷
میانی	۱۹۹۶	۲۶/۸۷	<۱۰	۳۴/۴۸
باطله	۴۸۱۸	۶۴/۸۵	<۱۰	۱۶/۶۵
مجموع	۷۴۲۹	۱۰۰	۳/۹۰	۱۰۰

همانند آزمایش قبل برای مقادیر کمتر از ۱۰ ppb که قابل اندازه گیری نبوده اند در محاسبات مجموع محصولات، عیار ۵ ppb برای محصول میانی و ۱ ppb برای باطله در نظر گرفته شده است. با توجه به جدول ۲ مشاهده می شود که عیار طلا در محصول کنسانتره افزایش یافته است ولی به میزان آزمایش اول نرسیده است که دلیل آن می تواند برای عیار اولیه پایین تر آن باشد. همچنین بازیابی آن نیز نسبت به آزمایش قبل کاهش نشان داده است.

۳- آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۳۸

بر روی نمونه ۲۰۳۸ آزمایش میز لرزان صورت گرفت که از آن ۳ نمونه به عنوان محصول های کنسانتره، میانی و باطله حاصل گردید. شرایط دستگاه در این آزمایش به صورت زیر بود.

دبی آب همراه بار: ۸ لیتر در دقیقه

دبی آب شستشو: ۱۲ لیتر در دقیقه

شیب دستگاه: ۴/۵ درجه

زمان باردهی: ۵ دقیقه

نتایج این آزمایش پس از تعیین عیار طلا به صورت جدول ۳ ارائه می گردد.

جدول ۶-۳- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۳۸

محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار طلا (ppb)	بازیابی طلا (%)
کنسانتره	۴۰۶	۵/۷۳	۶۸	۷۰/۸۰
میانی	۱۱۷۸	۱۶/۶۴	<۱۰	۱۵/۱۱
باطله	۵۴۹۶	۷۷/۶۳	<۱۰	۱۴/۰۹
مجموع	۷۰۸۰	۱۰۰	۵/۵۱	۱۰۰

همانند آزمایش‌های قبل برای مقادیر کمتر از ۱۰ ppb که قابل اندازه‌گیری نبوده‌اند در محاسبات مجموع محصولات، عیار ۵ ppb برای محصول میانی و ۱ ppb برای باطله در نظر گرفته شده است.

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که عیار طلا به توسط میز لرزان با بازیابی نسبتاً مناسبی افزایش یافته است.

۴- آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۰

بر روی نمونه ۲۰۵۰ آزمایش میز لرزان صورت گرفت که از آن ۳ نمونه به عنوان محصول‌های کنسانتره، میانی و باطله حاصل گردید. شرایط دستگاه در این آزمایش به صورت زیر بود.

دبی آب همراه بار: ۸ لیتر در دقیقه

دبی آب شستشو: ۱۲ لیتر در دقیقه

شیب دستگاه: ۴/۵ درجه

زمان باردهی: ۸ دقیقه

نتایج این آزمایش پس از تعیین عیار طلا به صورت جدول زیر ارائه می‌گردد.

جدول ۴-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۰

محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار طلا (ppb)	بازیابی طلا (%)
کنسانتره	۷۱۱	۹/۹۷	۷۳	۷۸/۵۷
میانی	۱۹۳۵	۲۷/۱۴	<۱۰	۱۴/۶۴
باطله	۴۴۸۵	۶۲/۸۹	<۱۰	۶/۷۹
مجموع	۷۱۳۱	۱۰۰	۹/۲۶	۱۰۰

همانند آزمایش‌های قبل برای مقادیر کمتر از ۱۰ ppb که قابل اندازه‌گیری نبوده‌اند در محاسبات مجموع محصولات، عیار ۵ ppb برای محصول میانی و ۱ ppb برای باطله در نظر گرفته شده است.

با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که عیار طلا به توسط میز لرزان با بازیابی نسبتاً مناسبی افزایش یافته است.

۵- آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۶

بر روی نمونه ۲۰۵۶ آزمایش میز لرزان صورت گرفت که از آن ۳ نمونه به عنوان محصول‌های کنسانتره، میانی و باطله حاصل گردید. شرایط دستگاه در این آزمایش به صورت زیر بود.

دبی آب همراه بار: ۱۰ لیتر در دقیقه

دبی آب شستشو: ۱۳ لیتر در دقیقه

شیب دستگاه: ۳ درجه

زمان باردهی: ۱۰ دقیقه

نتایج این آزمایش پس از تعیین عیار طلا به صورت جدول زیر ارائه می‌گردد.

جدول ۶-۵- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۶

محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار طلا (ppb)	بازیابی طلا (%)
کنسانتره	۱۱۵۰	۱۱/۸۱	۱۸	۵۵/۰۲
میانی	۲۰۸۴	۲۱/۴۱	<۱۰	۲۷/۷۰
باطله	۶۵۰۰	۶۶/۷۸	<۱۰	۱۷/۲۸
مجموع	۹۷۳۴	۱۰۰	۳/۸۶	۱۰۰

همانند آزمایش‌های قبل برای مقادیر کمتر از ۱۰ ppb که قابل اندازه‌گیری نبوده‌اند در محاسبات مجموع محصولات، عیار ۵ ppb برای محصول میانی و ۱ ppb برای باطله در نظر گرفته شده است. با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که عیار طلا به اندازه آزمایش‌های قبل افزایش نیافته که دلیل آن باز می‌تواند کم بودن عیار طلا در نمونه اولیه باشد. بازیابی طلا نیز در این نمونه کاهش داشت.

۶- آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۸

بر روی نمونه ۲۰۵۸ آزمایش میز لرزان صورت گرفت که از آن ۳ نمونه به عنوان محصول‌های کنسانتره، میانی و باطله حاصل گردید. شرایط دستگاه در این آزمایش به صورت زیر بود.

دبی آب همراه بار: ۱۲ لیتر در دقیقه

دبی آب شستشو: ۱۰ لیتر در دقیقه

شیب دستگاه: ۴ درجه

زمان باردهی: ۷ دقیقه

نتایج این آزمایش پس از تعیین عیار طلا به صورت جدول زیر ارائه می‌گردد.

جدول ۶-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۸

محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار طلا (ppb)	بازیابی طلا (%)
کنسانتره	۱۲۴۴	۱۵/۴۳	۱۲۱	۳۸/۱۷
میانی	۲۱۶۱	۲۶/۸۱	۵۹	۳۲/۳۳
باطله	۴۶۵۵	۵۷/۷۵	۲۵	۲۹/۵۰
مجموع	۸۰۶۰	۱۰۰	۴۸/۹۳	۱۰۰

با ملاحظه جدول ۶ می توان نتیجه گیری نمود که عیار کنسانتره در این آزمایش با بالاترین مقدار خود در میان آزمایش های انجام شده دارد ولی با توجه نمود که عیار اولیه آن نیز نسبت به سایر نمونه های کار شده بیشتر می باشد و با در نظر گرفتن طلای از دست رفته در محصول های میانی و باطله، بازیابی طلا در محصول کنسانتره دچار افت گردیده است.

۶-۳- بحث و نتیجه گیری

با انجام آزمایش های میز لرزان بر روی ۶ نمونه مورد نظر مشاهده شد که عیار طلا با این روش قابل افزایش می باشد و نسبت به عیار نمونه اولیه افزایش قابل ملاحظه ای پیدا کرده است. با توجه به این نکته که آزمایش های فرآوری انجام شده فقط جنبه امکان پذیری داشته، لذا نتایج بدست آمده برای این مرحله مناسب بوده و انجام آزمایش های فرآوری بیشتر جهت روشن تر نمودن وضعیت نمونه و رسیدن به جواب قطعی توصیه می گردد.

در آزمایش های تکمیلی فرآوری نحوه توزیع طلا در دانه بندی های مختلف و همچنین در محصولات میز لرزان به دقت باید بررسی گردد و روشن شود که طلا بیشتر در چه ابعادی است و آیا بطور کامل از باطله آزاد می باشد یا نه. همچنین با تکرار آزمایش ها و کنترل دقیق شرایط آزمایش باید از هدرروی طلا به محصولات میانی و باطله تا حد امکان جلوگیری نمود. در نهایت با انجام آزمایش های بیشتر بر

روی محصولات میانی بازیابی طلا و با انجام آزمایش‌های بیشتر بر روی محصول کنسانتره، عیار طلا را افزایش داد. در مورد یک کارخانه کوچک فرآوری (مقیاس صنعتی) می‌توان از یک مدار سری (متوالی) با تجهیزات ذیل استفاده نمود.

۱- سرند ۸۰ مش با نیرو محرکه الکتریکی

۲- میز لرزان که طراحی آن بر مبنای مشخصات پالپ ورودی انجام گرفته باشد.

۳- کوره ذوب

۴- سیانوراسیون حوضچه‌های بازیابی طلا توسط فویل روی

لازم بذکر است از روش سیانوراسیون همزنی (بازیابی طلا توسط کربن فعال) نیز در صورت امکان می‌توان استفاده کرد.

فصل ششم : مطالعات فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی.....	۱۵۵
۱-۶- مقدمه‌های در روش فرآوری کانسنگهای طلا.....	۱۵۶
۱-۱-۶- روش‌های ثقلی.....	۱۵۶
۱-۱-۱-۶- میز لرزان.....	۱۵۷
۱-۲-۶- روش آمالگاسیون یا ملقمه سازی.....	۱۵۸
۲-۶- مطالعات فرآوری با استفاده از میز لرزان از شش نمونه آبرفت طلا دار زرمهر.....	۱۵۹
۳-۶- بحث و نتیجه‌گیری.....	۱۶۶
شکل ۱-۶ : دورنمایی از دستگاه میز لرزان.....	۱۵۸
شکل ۲-۶ : دستگاه میز لرزان مورد استفاده در آزمایشات- آزمایشگاه کانه آرایبی سازمان زمین شناسی.....	۱۶۰
جدول ۱-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۱۱۱۱.....	۱۶۱
جدول ۲-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۳۷.....	۱۶۲
جدول ۳-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۳۸.....	۱۶۳
جدول ۴-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۰.....	۱۶۴
جدول ۵-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۶.....	۱۶۵
جدول ۶-۶- نتیجه آزمایش میز لرزان بر روی نمونه ۲۰۵۸.....	۱۶۶