

بازیابی طلای پلاستی با استفاده از دستگاه نلسون و میز جمینی (مطالعه موردی: کوه زر دامغان)

محمود عبداللهی^{۱*}، مهدی ذاکری^۲

۱- استاد دانشگاه تربیت مدرس، بخش مهندسی معدن، E-mail: minmabd@modares.ac.ir

۲- مربی پژوهشی جهاد دانشگاهی واحد تربیت مدرس، گروه فرآوری مواد معدنی، E-mail: M.zakeri@acecr.ac.ir

(دریافت ۲۱ مرداد ۱۳۸۸، پذیرش ۹ اسفند ۱۳۸۸)

چکیده

امروزه استفاده از سانتریفیوژ نلسون و میز جمینی در بسیاری از کارخانجات فراوری طلای پلاستی در دنیا جایگزین جداکننده‌های ثقلی متداول همچون جیگ، اسپیرال و میز نمه شده‌اند. دستیابی به بازیابی ۹۰ تا ۹۵ درصدی در کارخانجاتی که از این دستگاه‌ها استفاده کرده‌اند باعث استفاده روز افزون این دستگاه‌ها در کارخانجات طلای پلاستی گردیده است. هدف این مقاله بررسی افزایش بازیابی طلای پلاستی کارخانه طلای پلاستی کوه زر دامغان با استفاده از سانتریفیوژ نلسون و میز جمینی است. نمونه‌های مورد آزمایش با عیار ۰/۵۲ppm از ترانسه‌ای که خوراک کارخانه را تامین می‌کرد، انتخاب شد. پارامترهای مورد بررسی در آزمایش‌های نلسون، میزان نرخ خوراک دهی خشک، سرعت دورانی جام دستگاه و فشار آب بودند که در نهایت بهترین بازیابی در نرخ خوراک دهی ۴۲۰ گرم بر دقیقه، سرعت دورانی ۸۰ درصد سرعت نهایی و فشار آب ۳ psi، معادل ۹۳/۹۲ درصد با عیار کنسانتره ۱۹/۸ppm حاصل شد. کنسانتره حاصل از آزمایش بهینه شده نلسون به عنوان خوراک میز جمینی استفاده گردید. پارامترهای مورد بررسی در آزمایش‌های میز جمینی عبارت از فرکانس میز، دبی آب شستشو و نرخ خوراک دهی بود که پس از انجام آزمایش‌های لازم مقادیر بهینه آنها به ترتیب برابر ۳۰۰ دور بر دقیقه، ۵/۲ لیتر بر دقیقه و ۰/۱ کیلو گرم بر دقیقه حاصل شد. بازیابی در شرایط فوق الذکر معادل ۸۷/۹۷ درصد و عیار کنسانتره ۶۰ppm بوده است.

کلمات کلیدی

طلای پلاستی، جدایش ثقلی، میز جمینی، سانتریفیوژ نلسون

* نویسنده مسئول عهده‌دار مکاتبات

۱- مقدمه

با ابداع سانتریفیوژ نلسون و میز جمنی انقلاب عظیمی در بازیابی ثقلی مواد پلاستی به خصوص طلا بوجود آمد. این مسئله زمانی در صنعت حائز اهمیت بیشتری شد که محققان توانستند عملکرد دستگاه نلسون را از حالت آزمایشگاهی ونیمه پیوسته به صورت پیوسته و صنعتی تبدیل کنند. تحقیقات متعددی نیز در مورد بهینه نمودن پارامترهای عملیاتی این دستگاه‌ها و بررسی افزایش بازیابی طلا در کارخانجات فرآوری صورت پذیرفته است. گئورگ^۱ و همکاران [۱] برای بهبود بازیابی طلای پلاستی معدن آشناتی^۲ در غنا تحقیقاتی را انجام دادند. در تحقیقات آنها با توجه به قفل‌شدگی شدید ذرات طلا در سنگ بستر، پس از خردایش ذرات طلا به درجه آزادی لازم به منظور استفاده در دستگاه نلسون رسید. نتایج نشان داد که با بکارگیری دستگاه نلسون در کارخانه فرآوری بازیابی طلا تا ۱۶ درصد افزایش یافته است. لوئیز و همکارانش [۲] با استفاده از دستگاه نلسون ۳ و ۷/۵ اینچی تحقیقاتی را در زمینه بازیابی طلای پلاستی معدن لاس ماویناس^۳ و لوس کولونوس^۴ کشور کلمبیا انجام دادند. نتایج بیانگر بازیابی ۹۸-۹۹ درصدی در سه مرحله جدایش با دستگاه نلسون بود. مک لیوی^۵ و همکارانش [۳] در دانشگاه بریتیش کلمبیا نیز تاثیر پارامترهای همچون سرعت جام دستگاه نلسون و دبی خوراک دهی را بر روی عیار و بازیابی طلا بررسی کردند. با توجه به نتایج بسیار امید بخش استفاده از دستگاه نلسون و میز جمنی امروزه بسیاری از معدن طلای پلاستی دنیا دستگاه نلسون و میز جمنی را در خط فرآوری کارخانجات خود قرار داده‌اند [۴].

کانسار باغو یا کوه زر در ۹۵ کیلومتری جنوب دامغان و در غرب طرود واقع شده است. آبدادی باغو در محدوده کانسار و آبدادی‌های نوا، شیمی و کوه زر در غرب آن قرار دارند. طلای موجود در این منطقه از نوع پلاستی است یعنی مواد در اثر فرآیندهای مختلف هواز دگی و تخریب کانسار و انتقال طلا (به خاطر مقاومت بالا در برابر هواز دگی) [۵] در مکانی دیگر تشکیل شده‌اند، لذا برای فرآوری این دسته از مواد معدنی روش فیزیکی پیشنهاد می‌شود.

کارخانه فرآوری تاسیس شده در معدن کوه زر شامل دستگاه‌های هیدروسیکلون، اسپیرال، میز لرزان، جیگ، جداکننده مغناطیسی و ماریچ همفری با بازیابی ۴۰ درصد و عیار کنسانتره ۱۰۰ ppm بود که با توجه به سرمایه‌گذاری‌های بعمل آمده و هزینه‌های دستگاهی از صرفه اقتصادی برخوردار نبوده است. همچنین با توجه به کمبود آب در منطقه لزوم تغییراتی در فرایند بازیابی ضروری به نظر می‌رسید. با توجه به

کاربرد جداکننده‌های مدرن با راندمان بالاتر همانند سانتریفیوژ نلسون و میز جمنی در صنعت فرآوری طلا، بررسی و تحقیقات بیشتر به منظور جایگزینی دستگاه‌های روز دنیا (همچون نلسون و میز جمنی) در کارخانجات طلای پلاستی با توجه به اکتشافات رو به رشد معدن طلای پلاستی در کشور امری ضروری به نظر می‌رسد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- تهیه نمونه

این منطقه از نظر بررسی‌های اکتشافی که توسط شرکت طلای ایران به منظور تامین خوراک کارخانه انجام شده بود، به چهار ناحیه شامل ترانشه شماره ۱ (۱ متر اول)، ترانشه ۱ (۱ متر دوم)، ترانشه ۲ و چال اکتشافی تقسیم شده است. از آنجایی که نمونه ترانشه ۱ (۱ متر اول) به دلیل عیار بالاتر به عنوان خوراک کارخانه استفاده می‌گردید، لذا نمونه این ناحیه برای انجام آزمایش‌ها انتخاب گردید. به منظور نمونه‌برداری از ماده معدنی اولین گام محاسبه میزان نمونه‌برداری است که از فرمول زیر به دست آمد [۶].

$$W = Kd^a \quad (1)$$

که در آن W حداقل وزن نمونه (پوند)، K ثابت نمونه‌برداری (که بر اساس نوع ماده معدنی، عیار کانه متغیر بوده و به طور تجربی ارائه می‌گردد)، d اندازه بزرگ‌ترین ذره در نمونه بر حسب اینچ می‌باشد. مقدار a بر اساس فرمول ریچارد برای تمامی حالات برابر ۲ می‌باشد. بر اساس این فرمول جدولی توسط ریچارد ارائه گردیده که بر اساس بزرگ‌ترین قطر ذره میزان حداقل نمونه لازم ارائه شده است. بر پایه این جدول با توجه به اینکه بزرگ‌ترین ابعاد ذره ۶ میلی‌متر می‌باشد حداقل وزن نمونه برای کانه‌های با عیار بسیار کم ۱۹ پوند معادل ۸/۵۵ کیلوگرم به دست می‌آید.

با توجه به اینکه مساحت ترانشه ۱ (۱ متر اول) در حدود ۵۰ متر مربع بود شبکه نمونه‌برداری بدین صورت انتخاب شد که منطقه را به شبکه‌های ۲ در ۲/۵ متری تقسیم نموده و از هر شبکه در حدود ۸ کیلوگرم و در مجموع حدود ۸۰ کیلوگرم نمونه تهیه شد. ضمناً سعی شده است که نمونه هم از سطح و هم از عمق تهیه شود.

جدول ۲: نتایج آنالیز سرنندی تر نمونه

اندازه ذرات (میکرون)	وزن مواد روی سرنند (گرم)	درصد مواد روی سرنند	درصد تجمعی باقیمانده روی سرنند	درصد تجمعی عبوری
+۲۸۰۰	۱۰۴	۱۰/۴	۱۰/۴	۸۹/۶
-۲۸۰۰+۲۰۰۰	۳۳/۲	۳/۳۲	۱۳/۷۲	۸۶/۲۸
-۲۰۰۰+۱۴۰۰	۲۳/۴	۲/۳۴	۱۶/۱	۸۳/۹۴
-۱۴۰۰+۱۰۰۰	۳۲۰/۴	۳۲/۱	۴۸/۲	۵۱/۸
-۱۰۰۰+۸۵۰	۹	۰/۹	۴۹	۵۰/۹
-۸۵۰+۶۰۰	۹۰	۹	۵۸	۴۱/۹۴
-۶۰۰+۴۲۰	۸۳	۸/۳	۶۶/۳	۳۳/۶۴
-۴۲۰+۲۱۲	۱۰۲	۱۰/۲	۷۶/۵	۲۳/۴۴
-۲۱۲+۱۵۰	۴۸	۴/۸	۸۱/۳	۱۸/۶۴
-۱۵۰+۱۲۵	۱۱۰	۱۱	۹۲/۳	۷/۶۴
-۱۲۵+۱۰۰	۱۹	۱/۹	۹۴/۲	۵/۷۴
-۱۰۰	۵۸	۵/۸	۱۰۰	-
جمع	۱۰۰۰	۱۰۰		

۲-۲-۳- آنالیز XRD

به منظور تعیین فاز عناصر موجود در نمونه، آنالیز XRD انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ و شکل ۲ قابل مشاهده است. با توجه به نتایج آنالیز XRD مشخص می‌شود که بیشترین درصد فراوانی متعلق به کوارتز می‌باشد. بعد از کوارتز، کلسیت نیز از درصد بالایی برخوردار است. مسکویت دارای کمترین درصد در نمونه است.

جدول ۳- نتایج آنالیز XRD

نوع ترکیب	فرمول شیمیایی
کوارتز	SiO ₂
آلبیت	Na Al Si ₃ O ₈
اورتوکلاز	K Al Si ₃ O ₈
کلسیت	Ca CO ₃
مسکویت	K Al ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂
کلینوکلر	(Mg,Al,Fe) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈

به منظور نمونه‌برداری ابتدا ذرات با دانه‌بندی ۶+۵۰ میلی‌متر (از آنجایی که در خط فراوری کارخانه ذرات با دانه‌بندی ۶+۵۰ میلی‌متر دور ریخته می‌شود)، در سر زمین با سرنند جدا شده و بعد از وزن کردن دور ریخته شد. این مواد مجموعاً ۵۰٪ وزن کل نمونه جمع‌آوری شده را تشکیل می‌داد. در واقع میزان خوراک تهیه شده پس از جدایش ذرات با دانه‌بندی ۶+۵۰ میلی‌متر ۸۰ کیلوگرم بود. نمونه تهیه شده با چند مرتبه تقسیم کردن با دستگاه نمونه تقسیم کن نهایتاً به نمونه‌های ۴ کیلوگرمی تبدیل شد. نمونه‌های ۴ کیلوگرمی را برای عیارسنجی آسیا کرده و ابعاد نمونه‌ها تا ۴۵ میکرون کاهش داده شد و از این نمونه نیز با استفاده از دستگاه نمونه تقسیم‌کن، نمونه‌های معرف ۱ کیلوگرمی و در نهایتاً از آنها نمونه‌های معرف ۲۵۰ گرمی تهیه شد.

۲-۲-۲- شناسایی نمونه

۲-۲-۱- تعیین عیار

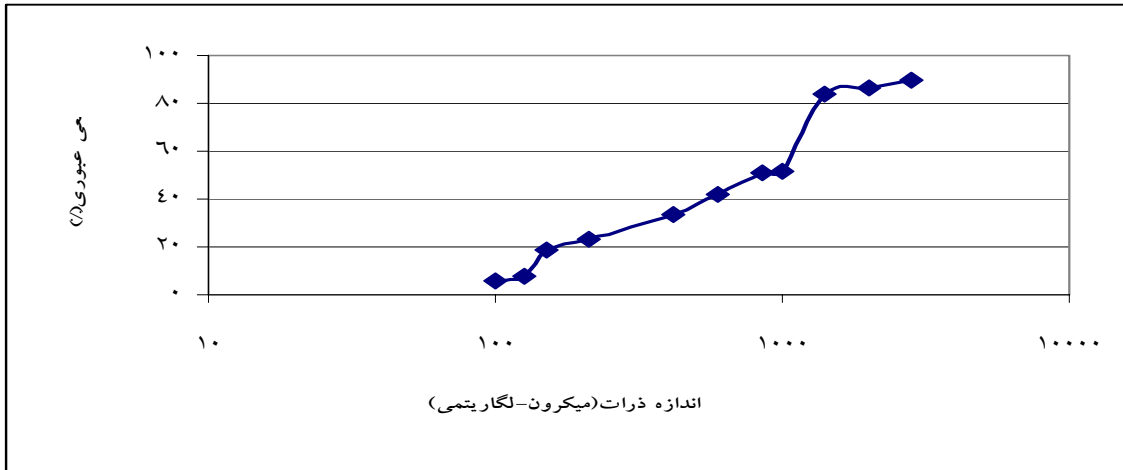
به منظور تعیین عیار نمونه ابتدا از نمونه‌های معرف ۲۵۰ گرمی (ابعاد ذرات ۴۵- میکرون)، دو نمونه معرف ۱ و ۲ گرمی تهیه شده و توسط تیزاب سلطانی به مدت ۱ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حل شد و سپس محلول بدست آمده برای تعیین عیار طلا با روش ICP آنالیز گردید. نتایج حاصل از عیار سنجی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۱، عیار ۰/۵۲ ppm که میانگین عیار نمونه ۱ و ۲ می‌باشد، برای نمونه خوراک در نظر گرفته شد.

جدول ۱: نتایج آنالیز با ICP

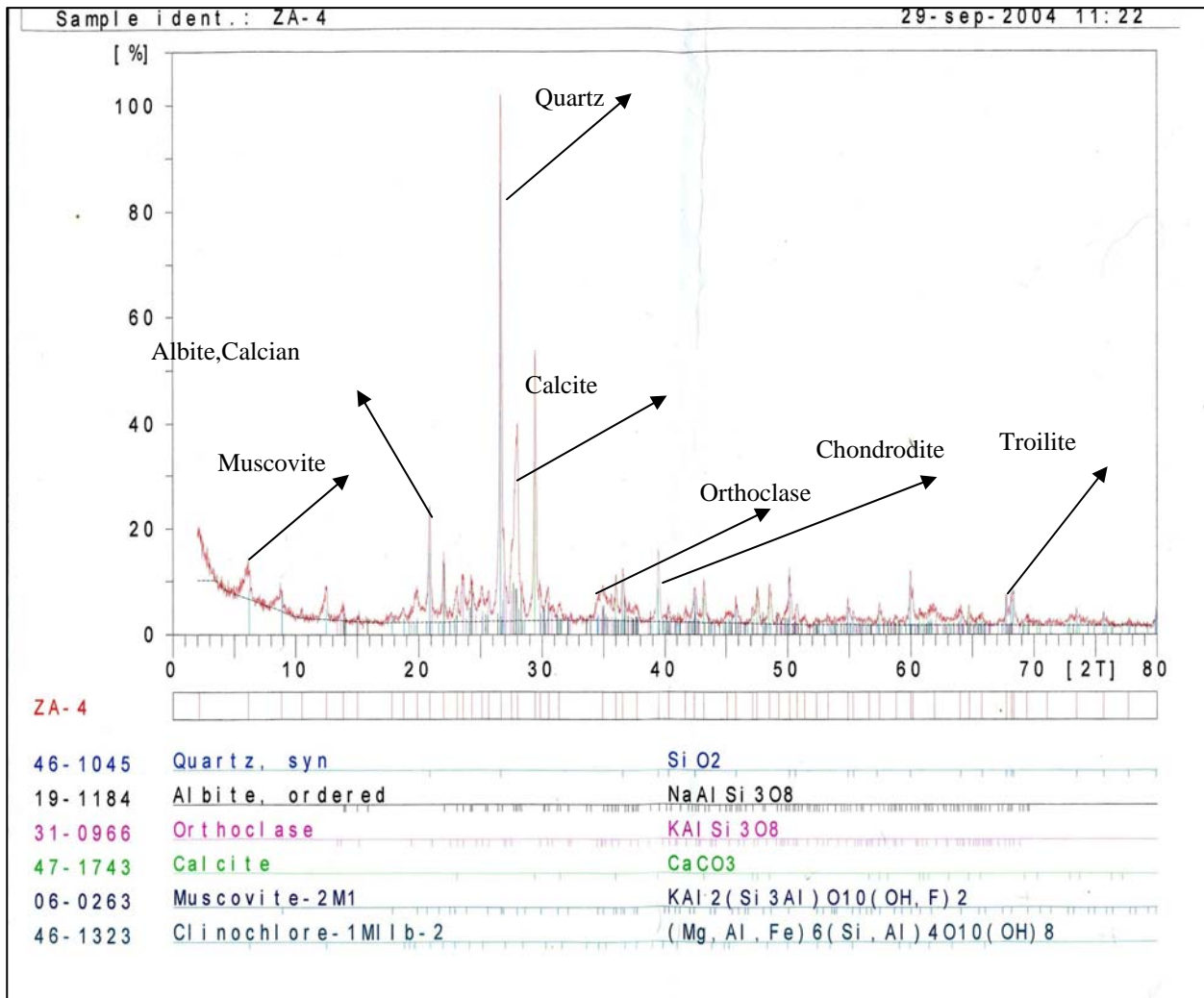
وزن نمونه (گرم)	عیار (ppm)
۱	۰/۵۱
۲	۰/۵۳

۲-۲-۲- تجزیه سرنندی تر نمونه

به منظور تعیین دانه‌بندی یک نمونه ۱ کیلوگرمی از خوراک تهیه و مورد تجزیه سرنندی تر قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ درج شده است. نتایج حاصله دلالت بر آن دارد که d_{۸۰} نمونه برابر ۱۲۰۰ میکرون می‌باشد.



شکل ۱: نتایج آنالیز سرنندی تر نمونه



شکل ۲: نتایج آنالیز XRD

با توجه به نتایج آنالیز XRF مشاهده می‌شود که نمونه غنی از عناصر نادر است اما نشانی از طلا وجود ندارد و دلیل آن

۴-۲-۲- آنالیز XRF نیز برای تعیین میزان کمی عناصر موجود در نمونه انجام شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

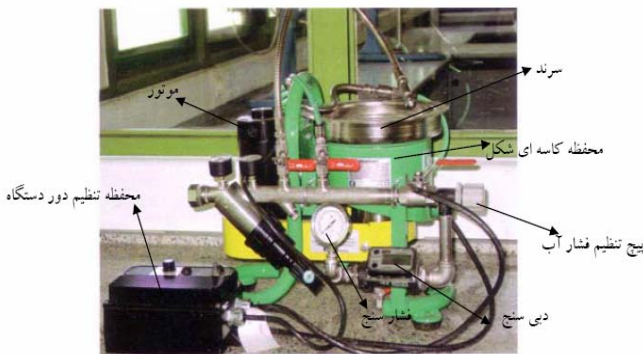
نیز پائین بودن عیار طلا می‌باشد (کمتر از ۱ ppm) که دستگاه XRF قادر به شناسایی آن نیست.

۳-۲- آزمایش‌های پرعیارسازی

به منظور تعیین پارامترهای اصلی آزمایش و محدوده آنها، نتایج فعالیت‌های انجام شده در کشورهای دیگر به‌ویژه فعالیت‌های شرکت نلسون مورد بررسی دقیق قرار گرفت [۷]. در نهایت پارامترهای مورد بررسی در دستگاه نلسون برای جدایش طلا شامل نرخ خوراک دهی خشک (گرم بر دقیقه)، میزان گردش جام دستگاه و فشار آب ورودی به جام انتخاب شد. به منظور بررسی تاثیر هر یک از پارامترها و طراحی دقیق‌تر آزمایش‌ها، دو آزمایش اولیه با میزان ۳ کیلوگرم نمونه با عیار متوسط ۰/۵۲ ppm انجام شد. از آنجایی که بر روی محفظه ورودی دستگاه سردی ثابت با ابعاد دهانه ۱/۴ میلی‌متر قرار داشت، نتیجه دانه‌بندی نمونه برای این آزمایش‌ها ۱/۴- میلی‌متر انتخاب گردید. شرایط و نتایج آزمایش‌های انجام شده در جدول شماره ۵ آمده است.

جدول ۴: نتایج آنالیز XRF

مقدار	عنصر/اکسید	مقدار	عنصر/اکسید
۱۳/۱۱	Al ₂ O ₃ (%)	۴۹/۰۳	SiO ₂ (%)
۱/۱۸	Na ₂ O (%)	۰/۱۲	MnO (%)
۱۲/۱۷	CaO (%)	۴/۰۷	MgO (%)
۶/۸۷	Fe ₂ O ₃ (%)	۲/۶۳	K ₂ O (%)
۰/۶	TiO ₂ (%)	۰/۱۹	P ₂ O ₅ (%)
۵۴۱	Ba (ppm)	۰/۱۶	SO ₃ (%)
۱۰۱	Cr (ppm)	۴۴	Ce (ppm)
۲۲	La (ppm)	۱۷	Ga (ppm)
۴۴	Ni (ppm)	۱۹	Co (ppm)
۸۸	Pb (ppm)	۲۲	Nd (ppm)
۴	Cs (ppm)	۴	Hf (ppm)
۴	Ta (ppm)	۹	Sn (ppm)
۲۲۶	Cu (ppm)	۶۶۹	Sr (ppm)
۱۸	Y (ppm)	۱۵۴	V (ppm)
۶	Mo (ppm)	۱	W (ppm)
۵	Nb (ppm)	۵	F (ppm)
۹۶	Rb (ppm)	۲	Sb (ppm)
۹۰	Zn (ppm)	۹	Th (ppm)
۱۶۱	Zr (ppm)	۱	U (ppm)
		۹/۷۱	LOI (%)



شکل ۳: تصویر دستگاه نلسون ۳ اینچی مورد استفاده در آزمایش‌ها

جدول ۵: نتایج آزمایش‌های اولیه با دستگاه نلسون

شماره	فشار آب (psi)	سرعت جام دستگاه (درصدی از سرعت نهایی)	نرخ خوراک دهی (gr/min)	وزن کنسانتره (گرم)	عیار کنسانتره (ppm)	بازیابی (%)
۱	۴	۵۰	۴۶۰	۸۰	۱/۲۵	۶/۴۱
۲	۳	۷۰	۴۶۰	۶۰	۱۱/۳	۴۳/۴۶

با توجه به نتایج تحقیقات گذشته [۷] و نیز آزمایش‌های اولیه جدایش طلا با دستگاه نلسون تاثیر سه پارامتر فشار آب، سرعت جام دستگاه و نرخ خوراک دهی در سه سطح بر بازیابی طلا مورد بررسی قرار گرفت. طراحی آزمایش با استفاده از روش تاکوچی و طرح L₉ انجام شد (جدول ۶ و ۷). در هر آزمایش ۳ کیلوگرم نمونه خشک با دانه‌بندی ۱۴۰۰- میکرون

همانگونه که از جدول ۵ مشخص است در آزمایش‌های اولیه دو پارامتر فشار آب و دور جام دستگاه متغیر در نظر گرفته شد. ملاحظه می‌شود با افزایش دور جام از ۵۰٪ به ۷۰٪ از سرعت نهایی، عیار طلا به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در مورد تاثیر فشار آب می‌توان چنین استنباط کرد که ظاهراً با کاهش فشار آب میزان بازیابی افزایش می‌یابد ولی نتیجه‌گیری قطعی منوط به انجام آزمایش‌های بیشتری است.

شدند. به منظور دستیابی به حداکثر دقت در تعیین عیار و کاهش میزان خطا، نمونه‌های ۱۰ گرمی بطور جداگانه با تیزاب سلطانی حل و سپس محلول مورد نظرمورد آنالیز قرار گرفت. میانگین عیارها به عنوان عیار نهایی هر کنسانتره منظور گردید. به منظور بررسی تاثیر پارامترهای مورد آزمایش از نرم افزار تاکوچی استفاده شد. این نرم افزار با بررسی نتایج بدست آمده در هر آزمایش میزان تاثیرگذاری پارامترها را مشخص می‌کند (جدول ۹). همانگونه که از جدول ۹ مشخص است سرعت جام دستگاه بیشترین تاثیر و فشار آب کمترین تاثیر را بر روی بازیابی داشتند. همچنین با توجه به اینکه F استاندارد طرح تاکوچی برای آزمایش‌های فوق برابر ۹ بدست خواهد آمد می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر تمامی پارامترها معنی‌دار هستند.

۲-۳-۱- آزمایش تأیید

با توجه به نتایج بدست آمده از نرم افزار تاکوچی که در جدول ۱۰ آمده است، شرایط بهینه عملیاتی پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار که در جدول شماره ۱۰ نشان داده شده، همان شرایط آزمایش شماره ۸ است که بازیابی ۹۸/۸ درصد حاصل گردیده است به منظور تأیید، نتایج آزمایش شماره ۸ با نمونه به وزن ۳ کیلوگرم و عیار متوسط ۵۲ppm/۰ و دانه‌بندی ۱۴۰۰- میکرون مجدداً تکرار شد که نتیجه حاصل از آزمایش تأیید در جدول شماره ۱۱ آمده است.

استفاده شد. نتایج آزمایش‌های مربوط به طرح L۹ شامل عیار و بازیابی طلا در جدول ۸ آمده است.

جدول ۶: طرح L۹ تاکوچی

شماره آزمایش	فشار آب (سطوح)	دور دستگاه (سطوح)	دبی خشک (سطوح)
۱	۱	۱	۱
۲	۱	۲	۲
۳	۱	۳	۳
۴	۲	۱	۲
۵	۲	۲	۳
۶	۲	۳	۱
۷	۳	۱	۳
۸	۳	۲	۱
۹	۳	۳	۲

جدول ۷: سطوح پارامترهای موثر در بازیابی طلا

فاکتور	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
فشار آب (psi)	۱	۲	۳
دور دستگاه (%)	۶۰	۸۰	۱۰۰
دبی خشک (gr/min)	۴۰۰	۴۶۰	۵۲۰

پس از انجام آزمایش‌ها، کنسانتره‌های بدست آمده از هر آزمایش پس از پودر شدن به نمونه‌های ۱۰ گرمی تقسیم

جدول ۸: نتایج آزمایش‌های جدایش طلا با دستگاه نلسون

(دستگاه نلسون استفاده شده در این طرح فاقد سرعت سنج بوده و پارامتر سرعت جام دستگاه بر حسب کسری از سرعت ماکزیم قابل تنظیم بود)

شماره آزمایش	متغیر ۱ فشار آب (psi)	متغیر ۲ دور دستگاه (درصدی از ماکزیم سرعت جام دستگاه)	متغیر ۳ دبی خشک (gr/min)	مشخصات کنسانتره		
				وزن (گرم)	عیار (ppm)	بازیابی (%)
۱	۱	۶۰	۴۰۰	۸۰/۶	۷/۰۴	۳۶/۴
۲	۱	۸۰	۴۶۰	۹۳/۷	۱۱/۶۴	۷۰
۳	۱	۱۰۰	۵۲۰	۹۰	۴/۳۷	۲۵/۲
۴	۲	۶۰	۴۶۰	۷۵/۱	۶/۸۴	۳۳
۵	۲	۸۰	۵۲۰	۷۳/۶	۱۱/۴۶	۵۴
۶	۲	۱۰۰	۴۰۰	۸۷/۴	۱۰/۸۳	۶۰/۷
۷	۳	۶۰	۵۲۰	۷۹/۴	۸/۹۶	۴۵/۶
۸	۳	۸۰	۴۰۰	۵۹/۳	۲۶	۹۸/۸
۹	۳	۱۰۰	۴۶۰	۸۳/۷	۱۲/۱۱	۶۵

جدول ۹: میزان تاثیر فاکتورهای آزمایش بر روی بازیابی طلا

Factors	DOF (F)	Sums of Sqr (S)	Variance (V)	F-Ratio (F)	Pure Sum (S)	Percent P(%)
Feed rate	۲	۱۱۲۴/۳۲	۵۶۲/۱۶	۱۲/۴۶	۱۰۳۴/۱۲	۲۵/۳۵
Speed of Bowl	۲	۲۰۰۸/۸	۱۰۰۴/۴	۲۲/۲۷	۱۹۱۸/۵۹	۴۷/۰۴
Pressure of Water	۲	۸۵۵/۵۴	۴۲۷/۷۷	۹/۴۸	۷۶۵/۳۲	۱۸/۷۶
Other/Error	۲	۹۰/۲۱	۴۵/۱۰			۸/۸۵
Total	۸	۴۰۷۸/۸۸				٪۱۰۰

آنها از دستگاه نلسون و میز جمینی استفاده شده است، کنسانتره نلسون به عنوان خوراک میز جمینی در نظر گرفته شده بود [۵]. بر همین اساس کنسانتره دستگاه نلسون با عیار ppm ۱۹/۸ که در شرایط بهینه عملیاتی به دست آمده بود، به عنوان خوراک میز مورد استفاده قرار گرفت.

در جدول شماره ۱۲ مشخصات خوراک آزمایش با میز جمینی آورده شده است. وزن کنسانتره که نتیجه بازیابی طلا از ۱۱ کیلوگرم نمونه اولیه با دستگاه نلسون تحت شرایط بهینه بود برابر ۱۸۴/۳ می باشد.

جدول ۱۲: مشخصات خوراک آزمایش با میز جمینی

محدوده دانه بندی خوراک (میکرون)	وزن (گرم)	درصد وزنی
+۱۰۰۰	۲۱/۸۳	۱۱/۸۴
-۱۰۰۰+۳۸	۱۵۸/۵۵	۸۶/۰۳
-۳۸	۳/۹۲	۲/۱۳
جمع	۱۸۴/۳	۱۰۰

میز جمینی دارای ۷ محل جمع آوری محصول است که شامل دو ردیف سه تایی در طرفین میز و یک محل جمع آوری در جلوی میز می باشد. شکل ۴ تصویر میز جمینی و محل جمع آوری محصولات را نشان می دهد.

محصولات پس از جمع آوری خشک و پس از پودر شدن برای انجام آنالیز به آزمایشگاه آنالیز طلای سازمان زمین شناسی فرستاده شد. در جدول ۱۳ نتایج آنالیزها ارائه شده است.

چنانچه مجموع وزن محصول کنسانتره های ۱، ۲ و میانی به عنوان کنسانتره میز جمینی در نظر گرفته شود مشاهده می شود که از نظر وزنی ۳۶/۱۴ درصد و از نظر میزان طلا حدود ۸۸

جدول ۱۰: تعیین شرایط آزمایش بهینه توسط نرم افزار

فاکتورها	توصیف سطح	سطح	سهم
فشار آب	۳	۳	۱۱
سرعت جام	۸۰	۲	۱۹/۹۷
نرخ خوراک	۴۰۰	۱	۱۵/۴۹

جدول ۱۱: نتایج آزمایش تأییدیه تاکوچی

میزان نمونه (کیلوگرم)	وزن کنسانتره (گرم)	عیار (ppm)	بازیابی (%)
۳	۷۴	۱۹/۸	۹۳/۹۲

۲-۳-۲- پرعیار سازی کنسانتره دستگاه نلسون با استفاده از میز جمینی

مدل میز جمینی مورد استفاده در آزمایشها، GT60 ساخت شرکت Rock Mining از کشور کانادا و متعلق به سازمان انرژی اتمی می باشد [۸]. طول میز ۱۳۳ سانتی متر و عرض آن در پهن ترین قسمت میز ۸۶/۴ سانتی متر است. همانگونه که گفته شد میز جمینی برای طلای پلاستی طراحی شده و به همین علت بیشتر فاکتورهای میز ثابت بود. از جمله این فاکتورها می توان به فاکتور بسیار مهم شیب طولی و عرضی میز اشاره داشت که در میز جمینی ثابت می باشد. فاکتورهای متغیر میز شامل فرکانس میز، دبی آب شستشو و نرخ خوراک دهی بود که میزان بهینه هر یک از آنها پس از انجام ۵ آزمایش به ترتیب ۳۰۰ دور بر دقیقه، ۵/۲ لیتر بر دقیقه و ۰/۱ کیلوگرم در دقیقه به دست آمد. پس از انجام آزمایشهای اولیه و تعیین شرایط مناسب عملیاتی آزمایش اصلی انجام شد. پس از مطالعات اولیه مشخص گردید که در تمامی معادن دنیا که در

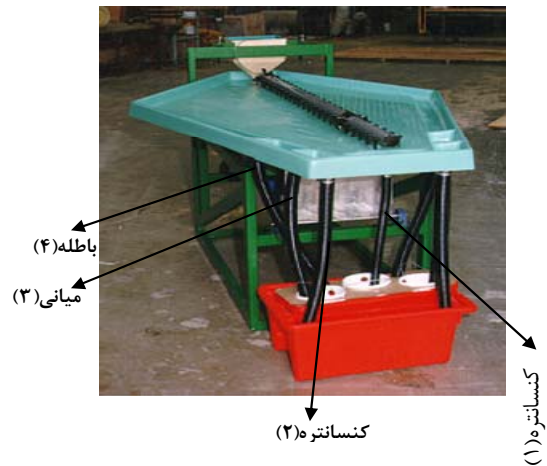
۳- نتیجه گیری

- با استفاده از دستگاه نلسون در شرایط بهینه زیر که با استفاده از الگوی L۹ تاکوچی بدست آمد، بازیابی ۹۳/۹۲٪ با عیار کنسانتره ۱۹/۸ppm حاصل شد.
- نرخ خوراک دهی خشک: ۴۰۰ g/min
- فشار آب: ۳ psi
- دور جام: ۸۰ درصد دور کل (۹۰G)، (G)، گرانش زمین با واحد متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. در این دور به ذرات شتابی معادل ۹۰ برابر ثقل زمین وارد می‌شود)
- سرعت جام دستگاه نلسون با ۴۷ درصد بیشترین و فشار آب با ۱۸ درصد کمترین تاثیر را روی بازیابی طلا داشتند.
- با در نظر گرفتن کنسانتره نهایی دستگاه نلسون به عنوان خوراک میز جمنی و با بهینه نمودن شرایط عملیاتی میز جمنی به صورت زیر، بازیابی ۸۷/۹۷٪ و عیار ۶۰ ppm حاصل گردید.
- فرکانس میز: ۳۰۰ دور بر دقیقه
- دبی آب شستشو: ۵/۲ لیتر بر دقیقه
- نرخ خوراک دهی: ۰/۱ کیلوگرم در دقیقه
- بازیابی وزنی به دست آمده با میز جمنی ۳۶/۱۴ درصد بود که این مقدار ۸۸ درصد کل طلای موجود در خوراک را شامل می‌شود.
- با توجه به قابلیت چکش خواری بسیار بالای طلای پلاستی تعیین نمونه معرف برای آنالیز طلا بسیار مشکل می‌باشد و به همین دلیل کل نمونه برای جلوگیری از خطا آنالیز گردید.
- بازیابی کلی به دست آمده شامل سانتریفیوژ نلسون و میز جمنی ۸۲/۶۲٪ است که می‌تواند نتیجه بسیار قابل قبول و امید بخشی باشد.

با در نظر گرفتن کشف چندین معدن طلای پلاستی در کشور و با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از دو دستگاه مذکور در طراحی کارخانجات طلای پلاستی اکیداً توصیه می‌گردد.

منابع

- [1] George M. Potter, Samuel Oti-Atakorah, 2000, "Development in Gravity Concentration Circuit in Ashanti Goldfields Company Obuasi", Annual report of company Obuasi.
- [2] Luis A.Meza S., Willy Hartman, 2000, "Recovery of placer gold using the knelson concentrator", Universal national de Colombia, Technical report, www.knelson.com.



شکل ۴: تصویر میز جمنی و محل جمع آوری نمونه

جدول ۱۳: نتایج حاصل از آزمایش میز جمنی بر روی کنسانتره نلسون

محل جمع آوری محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار (ppm)	درصد وزنی طلای موجود
کنسانتره (۱)	۱۸	۱۰/۸	۱۴۳	۷۸/۳
کنسانتره (۲)	۲۵	۱۵/۱	۸/۳۲	۶/۳۳
میانی (۳)	۱۷	۱۰/۲۴	۶/۴۴	۳/۴
باطله (۴)	۱۰۶/۳	۶۳/۸۶	۳/۷	۱۱/۹۷

درصد کل طلا را به خود اختصاص می‌دهد. این مطلب دلالت بر بازیابی نسبتاً خوب میز جمنی دارد، اما نکته قابل تامل در این آزمایش عیار نسبتاً بالای طلا در باطله میز جمنی و افت تقریباً ۱۲ درصدی از کل طلای خوراک است که بازیابی مجدد آن ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج بدست آمده در جدول فوق می‌توان بازیابی میز جمنی را بصورت زیر محاسبه کرد:

$$R = \frac{(C1 \times c1) + (C2 \times c2) + (C3 \times c3)}{(F \times f)} \times 100$$

که در آن C وزن کنسانتره‌های شماره ۱، ۲ و ۳ و c عیارهای آنها می‌باشد. F وزن خوراک و f عیار خوراک می‌باشد. با استفاده از رابطه فوق مقدار بازیابی برابر ۸۷/۹۷ درصد به دست آمد.

اختلاف بین وزن اولیه خوراک آزمایش میز جمنی (۱۸۴/۳ گرم) با وزن مجموع کنسانتره به دلیل هدر رفتن بخش کمی از کنسانتره در زمان جمع‌آوری آنها است.

[۶]- حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۸۰، نمونه برداری معدنی (اکتشافات، استخراج و فرآوری)؛ دانشگاه تهران: موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

[7] Andre R. Laplante, Fred C. Woodcock, 2004, "A Laboratory Procedure to Characterize Gravity Recoverable Gold", Department of Mining and Metallurgical Engineering Mc-Gill University. Proceeding 34th Annual meeting of the Canadian mineral processing, 2004.

[8] Eliab Roman, Michael Fullam., 2006, "Installation and Optimization of a Gravity Circuit at Northgate Minerals Kemess Mine", Seminar of gravity separation, Canada,.

[3] M Mc Leavy, B Klein, 2001, "Knelson Continues Variable Discharge Concentrator: Analysis of operation variables", The University of British Columbia, Department of Mining and Mineral Process Engineering, International Heavy Minerals Conference.

[۴] عبدالهی محمود، ذاکری مهدی، ۱۳۸۵، بهینه سازی فلوشیت واحدهای فراوری طلای پلاستی، طرح تحقیقاتی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی.

[۵] شاکری، عطا، ۱۳۸۱، مطالعه زمین شیمی و ژنز کانسار طلای کوه زر (باغو) دامغان، پایان نامه کارشناسی ارشد.

پی نوشت

-
- ¹ Georg
 - ² Ashanti Mine
 - ³ Las Malvinas Mine
 - ⁴ Los Colonos Mine
 - ⁵ Mc Leavy

