

طلا (اکتشاف و استخراج ، فرآوری ، استحصال ، کاربردها)

طلا از واژه Jval در زبان سانسکریت ، gold در آنگلو ساسکسون ، geolo در انگلیسی قدیم و aurum در لاتین گرفته شده که همگی به معنای طلا (زرد) می باشند. طلا فلزی زرد رنگ با نماد Au ، وزن مخصوص بالا (19/ gr/cm³)، جرم اتمی 196/967 و عدد اتمی 79 است. این عنصر دارای سختی 2/5 تا 3 ، نرم ، براق ، قابل انعطاف ، چکش خوار ، شکل پذیر ، دارای شکست دندانان ای است. طلای خالص معمولاً حاوی 8 تا 10% نقره و گاهی بیشتر است. با افزایش نقره ، رنگ سفید تری ایجاد شده و وزن مخصوص نیز کمتر می شود. طلا جزء گروه عناصر آزاد ، طبیعی و خالص بوده و فراوانی آن در پوسته زمین در حدود 7-10⁻⁷ × 4 می باشد. طلا پراکندگی بسیار گسترده ای دارد. معمولاً در رگه های کوارتزار در سنگ های دگرگونی و اسلیتی و یا در ماسه ها و آبرفت هایی که از تجزیه سنگ های دیگر حاصل می شود ، وجود دارد. طلا معمولاً به نمونه های فلزی دیگر مانند پیریت طلا دار وابسته است. طلا نقش خود را به عنوان ذخیره پولی در هر سطحی حفظ کرده است و بانک های مرکزی ملل مختلف آن را به عنوان ذخیره پولی نگهداری می کنند.

فهرست عناوین :

- 1) روشهای مختلف برای فرآوری و استحصال طلا از سنگ معدن
- 2) مراحل مختلف و روشهای متداول فرآوری و استحصال طلا
- 3) تقسیم بندی کانی های طلا از نظر استحصال
- 4) دلایل سختی روشهای اندازه گیری طلا
- 5) مهمترین روشهای اندازه گیری طلا
- 6) عوامل عملیاتی در تولید طلا
- 7) تحقیقات و کاربردهای طلا

روشهای مختلف برای فرآوری و استحصال طلا از سنگ معدن

1) شستشوی ماسه های طلا دار (روش ثقلی یا خاکشویی)

اولین روشی که بشر برای بدست آوردن طلا بکار برد شستشوی ماسه های طلا دار بود. قسمت اعظم طلائی که در ادوار گذشته استخراج می شد ، طلای آبرفتی بود و عمل استحصال طلا به روشهای ابتدایی و سنتی صورت می گرفت یکی از این وسایل استفاده از لاوک ، جعبه شن شوئی و... بود. پس از کشف تیزاب سلطانی کانی های طلا دار را با نمک و شوره و زاج و گرد آجر مخلوط کرده و در کوره ای حرارت می دادند و بدین ترتیب طلا با توجه به وزن مخصوص بالا در ته کوره باقی می ماند. استفاده از روش حرارتی و بکارگیری ترکیبات سرب از دیگر روشهای استحصال طلا در زمانهای گذشته بود. این روش در عین حال که ابتدایی ترین روش علمی شناخته شده است ، هنوز بعنوان روش مطمئن اندازه گیری عیار طلا به کار گرفته می شود و اصطلاح علمی کوپلاسیون یا تجزیه حرارتی نامیده می شود ، در ایران از این روش جهت استخراج طلا از هر نوع خاک محتوی طلا استفاده می گردد که در اصطلاح سنتی بنام نماکاری نامیده می شود.

2) روش ملقمه کردن طلا توسط جیوه

روش دیگر که مورد استفاده بشر قرار گرفت استفاده از جیوه می باشد. جیوه فلزی است که با تشکیل ملقمه ، طلای موجود در خاک را در خود جمع و حل می نماید. بنابراین از این خاصیت برای آزادسازی طلا از کانی های دیگر استفاده می شود. روش بعدی استفاده از گاز کلر در استخراج صنعتی طلا می باشد که در یک دوره کوتاهی انجام گرفته با کشف روش سیانوراسیون در اواخر قرن نوزدهم بدلیل مشکلات زیست محیطی مورد استفاده صنعتی قرار نگرفته است. در روش ملقمه کردن ، طلا توسط جیوه از سایر مواد جدا می شود و سپس از طریق تبخیر نمودن از طلا جدا می شود. در این روش که به فرآیند پاشیو مرسوم است ، جیوه ای که به محیط زیست وارد می شود ، بازیابی نمی شود.

3) روش سیانوراسیون و واکنش با سیانید سدیم

در کانسار طلاي کنگلومرايي ويت واترزراند، در آفريقاي جنوبي، قسمت اعظم طلا بصورت ذرات بسيار ريز تشکيل شده است. بعبارتی، تغليظ مکانیکی و ملقمه سازی امکان پذیر نیست و طلا را باید به شکل محلول درآورد که این عمل با روش سیانوراسیون و واکنش با سیانید سدیم انجام می گیرد که یکی از مهمترین روش های تولید طلاي آزاد دانه ريز می باشند. بدین منظور، بوسیله آسیاب ها و سنگ شکن ها، آسیابهای گلوله ای تر و کلاسیفایرها، ذرات طلا را از مواد سنگی جدا می کنند. در پروژه های جدیدتر، این فرآیند آسیا کردن بطور زیرزمینی انجام می شود. مواد معدنی طلا دار خرد شده که ذرات طلا یا سولفید زیاد دارند، ممکن است که برای سیانیدی شدن مناسب نباشند. فرآیندهای مقدماتی، شامل تغليظ گرانشي، که پس از آن ملقمه سازی انجام می شود، تقریباً همیشه مورد نیاز است. این شیوه، این امکان را فراهم می کند تا 50% طلا سریعتر از روش سیانوري استحصال شود. تغليظ و تمرکز گرانشي را پیش از این به کمک پارچه ای مخمل انجام می دادند. پارچه را با يك گیره محکم می کردند و دوغاب ماده معدنی خرد شده را از آن عبور می دادند. پارچه می بایست عمود بر جهت جریان قرار می گرفت. ذرات چگالتر در شیارها گیر می کردند ولي ذرات کوارتز سبکتر به کمک نیروي آب شسته می شدند. پارچه مخمل دیگر استفاده نمی شود و به جای آن از کائوچوي موجدار استفاده می کنند (ضخامت 10 mm، عمق شیارها 3 mm، فاصله بین شیارها 6 mm) تجهیزات مکانیکی مدرن يك کمربند طولانی دارند (به عرض 1/5 متر و طول 7/2 متر) که زاویه شیب آن 110° است. این کمربند با سرعت 4/0 m / min در خلاف جهت جریان سیال کانه دار حرکت می کند.

تنوري Vat Leaching

روش سیانوراسیون طلا مهمترین روش طلاي آزاد ريز دانه می باشد. انحلال طلا توسط سیانور قبل از قرن نوزدهم میلادی شناخته شده بود اما تا پایان سال 1890 میلادی بطور اقتصادی مورد استفاده قرار نگرفته بود سیانور در حضور اکسیژن، طلا را حل نموده و بصورت کمپلکس سیانور طلا در می آید. معمولاً طلا بصورت اکسیدی قابل لیچ شدن می باشد اگر طلا در زون احیاء باشد، یعنی اینکه کربن دار باشد، در این حالت مقاومت ثابتی نسبت به عمل سیانوراسیون دارد که مسئله Refractory Gold پیش خواهد آمد.

عوامل مؤثر در حلالیت طلا عبارتند از:

- (1) غلظت سیانور
- (2) PH محیط
- (3) حرارت محیط
- (4) اکسیژن موجود در محیط
- (5) نور و سطح
- (6) اندازه ذرات کانه خردایش شده
- (7) اندازه ذرات طلاي آزاد
- (8) نفوذپذیری کانسنگ

مطالعات قبل از عملیات لیچینگ :

- (1) مطالعات کانی شناسی
- (2) کانی میزبان فلز
- (3) اندازه ذرات فلزات قیمتی و درجه آزادی آن

4) نوع باطله همراه کانه

5) وجود پارازنرهای همراه کانسنگ

6) نحوه توزیع طلا در کانسنگ

7) وجود کانیهای سیانورکش

این مطالعات باید به دقت انجام گیرد زیرا هر يك از عوامل فوق برای هر کانسنگ با خواص ویژه متفاوت خواهد بود.

مراحل مختلف و روشهای متداول فرآوری و استحصال طلا :

****1) روشهای جداسازی طلاي آزاد و تغلیظ طلا از کانیها شامل:**

الف) روشهای ثقلی

- 1) لاوك شوئي
- 2) جيك
- 3) میزهای لرزان
- 4) میزهای گردان
- 5) جدا کننده مغناطیس
- 6) جدا کننده‌های گریز از مرکز
- 7) مخروطهای ری ایچرت (Reichert)

ب) روش فلوتاسیون

****2) روشهای حل فلز طلا از کانیها و کنسانترهها**

- 1) روش غالگذاری (غالکاری)
- 2) روش ملقمه
- 3) روش کلریناسیون
- 4) روش سیانوراسیون
- 5) روش تیوره
- 6) روشهای دیگر

****3) روشهای رسوب‌گیری طلا از محلول طلا دار (روشهای بازیابی طلا)**

- 1) روش پودر روی
- 2) روش C.I.P
- 3) روش C.I.L
- 4) روشهای دیگر

****4) ذوب و تخلیص طلا**

لازم به توضیح است که عملیات استحصال فلز طلا از سنگهای معدنی طلا دار، متناسب با چگونگی وجود طلا در کانی متفاوت می‌باشد.

تقسیم بندی کانیهای طلا از نظر استحصال

الف (کانی‌های طلائی طبیعی (ناتیو)

ب (طلائی همراه با سولفیدها: که در این کانی‌ها طلا بصورت ذرات آزاد یا پراکنده در سولفیدها وجود دارند.

ج) تلوریدهای طلا، که معمولا در کنار طلائی ناتیو یا طلائی همراه سولفیدها دیده می‌شوند، Calaverite, Krennerite کانی‌هایی هستند که شامل 40 درصد طلا و Sylvanetite حدود 25 درصد طلا دارد .

د (طلا در سایر مینرال‌ها مانند آرسنیک و آنتیموان و یا با پورفیرهای مس و یا با مینرال‌های سرب و روی و یا با مواد کربن‌دار وجود دارد.

دلایل سختی روشهای اندازه‌گیری طلا

امروزه از طلا به عنوان ردیاب مس در پی‌جویی کانسارهای مس و مولیبدن پورفیری استفاده می‌کنند. با وجود محاسن ردیابی -اکتشافی که طلا دارد ولی روشهای اندازه‌گیری آن به دلایل زیر از مشکل‌ترین روشها می‌باشند:

1 (عیار عادی کم (1 tppb تا 5)

2 (پراکندگی نامنظم در کانیها، سنگ، خاک و رسوبات

3 (تمرکز شدید بعد از آزاد شدن از کانی و سنگها به علت وزن مخصوص زیاد

4 (وجود ناخالصی‌هایی مانند نقره، مس و 22 عنصر دیگر که به صورت جانشینی و یا در سطوح بلورین کانیهای طلا دار قرار می‌گیرند.

برای سنگها و کانیهایی که قطر بلوری آنها در حد يك ميلي متر باشد 2/5 کیلوگرم نمونه وزن مطلوبی است. برای رگه‌ها و کانیهای هیپوزن، وزن نمونه‌ها باید بیشتر از 5 کیلوگرم باشد. وزن نمونه‌های خاک و رسوبات بین 300 تا 700 گرم متغیر است نمونه‌برداری از خاکها بیشتر باید از افق باشد. اگر فرض کنیم که طلا به صورت يك ذره يك ميلي گرمی در کل نمونه‌ای از سنگ و کانی پخش باشد پراکندگی آن بعد از پودر شدن نمونه يك کیلوگرمی بسیار نامنظم است.

حل مشکلات اندازه‌گیری طلا (ریدل 1983) :

1) افزایش وزن نمونه‌های سنگی و پودر شده

2 (کاهش قطر ذرات طلا در نمونه‌های پودر شده

3 (تمرکز ذرات درشت و تجزیه شیمیایی جداگانه آنها

برای رفع مشکلات اول معمولا وزن نمونه‌های پودر شده جهت تجزیه شیمیایی باید بین 2 تا 5 گرم و در اکثر موارد 10 گرم باشد. برای روشهای وزن سنجی، وزن نمونه‌های پودر شده بین 15 تا 150 گرم متغیر است. مشکل دوم را می‌توان با آسیاب نمودن نمونه بصورت پودر بسیار ریز حل کرد. برای این کار نمونه آسیاب شده را از الک منهای 150 عبور می‌دهد. البته این روش بسیار وقت‌گیر است. جدول شماره 1 رابطه بین قطر و تعداد ذرات طلا در يك گرم نمونه را نشان می‌دهد.

قطر ذرات (میلیمتر)	درصد ذرات طلا	تعداد ذرات طلا در يك گرم نمونه
50%	10	85000
40%	10	166000
30%	10	393000
20%	10	1327000
10%	10	10616000
0/005	20	169582000
0/002	20	2653928000
0/001	10	10615711000

جدول شماره 1: رابطه بین قطر و تعداد ذرات طلا در يك گرم نمونه

در مورد مشکل سوم باید ذرات درشت طلا را بوسیله الک کردن جدا نمود. چنانچه 95 درصد نمونه پودر شده از الک منهای 150 عبور کند، ذرات درشت طلا تا حدود 5 درصد روی الک باقی می‌ماند. بنابراین با تجزیه شیمیایی ذرات درشت طلا نسبت به وزن بقیه نمونه می‌توان عیار مناسبی را برای طلا در نمونه‌ها منظور داشت.

روش هایی برای حل کردن نمونه‌های پودر شده و آزاد نمودن طلا به صورت محلول

(1) انحلال اسیدی

(2) ذوب و انحلال

در روش اول نمونه را در تیزاب سلطانی (3 قسمت اسید کلریدریک و 1 قسمت اسید نیتریک) حل می‌کنند. در این تیزاب سلطانی فقط طلای آزاد و سولفیدهای طلا دار (آرسنوپیریت، پیریت و کالکوپیریت) را حل می‌کنند ولی بر روی سیلیکاتها اثر ندارد. امروزه ذوب و انحلال اسیدی که بیشتر برای روش وزن سنجی کاربرد دارد. نمونه را در دمای 1025 درجه سانتیگراد به مدت 385 دقیقه حرارت می‌دهند تا نمونه کاملاً ذوب شود و سپس توسط اسیدنیتریک و یا تیزاب سلطانی حل می‌کنند. جدول شماره 2 خلاصه‌ای از روشهای انحلال نمونه‌های طلا را نشان می‌دهد.

روش انحلال	وزن نمونه پودر شده (گرم)	لوله آزمایش و وسایل دیگر	حلال اسید و زمان به هم زدن	آب و حلال های آلی
سرد	10	250*200 میلیمتر	20 میلی لیتر اسید برومیک (15 دقیقه)	20 تا 30 میلی لیتر آب و 10 میلی لیتر MIBK
گرم	2	0	25 میلی لیتر اسید برومیک (15 ثانیه)	0
گرم	10	25*200 و استوانه مدرج	40 میلی لیتر تیزاب سلطانی 50 میلی لیتر	0
			40 میلی لیتر تیزاب سلطانی و 50 میلی لیتر اسید کلریدریک برای باقیمانده	20 تا 30 میلی لیتر MIBK و 10 میلی لیتر MIBK
گرم	10	استوانه مدرج	100 میلی لیتر تیزاب سلطانی و 100 میلی لیتر اسید کلریدریک برای باقی مانده	20 تا 30 میلی لیتر و 10 میلی لیتر MIBK

جدول شماره 2: روشهای انحلال برای کانی‌ها و سنگهای پودر شده

روش های ساختن محلول‌های شاهد

اندازه‌گیری طلا در نمونه‌ها باید بر اساس محلول‌های شاهد بسیار دقیق صورت گیرد. سه روش مهم برای ساختن محلول‌های شاهد پیشنهاد می‌شود:

1 (ساختن محلول ppm1000 طلا (1000 میلی گرم در لیتر) :

یک گرم طلای خالص را در اسید برومیک (HBr-Br₂) و با تیزاب سلطانی حل می‌کنند و حرارت می‌دهند تا برم خارج شود. بعد از سرد شدن باید محصول مذکور را با اسید برومیک یا اسید کلریدریک دومولار تا 1000 میلی لیتر رقیق نمود. چنین محلولی ppm1000 طلا دارد.

2 (تهیه محلول طلا (1 میلی گرم در لیتر) :

برای ساختن این محلول 1/0 میلی لیتر از محلول ppm1000 را بوسیله 100 میلی لیتر اسید برومیک و یا اسید کلریدریک دومولار رقیق می‌نماییم. یک میلی لیتر از این محلول 1 میلی گرم در لیتر طلا دارد.

3 (تهیه محلول شاهد از ترکیبات و املاح طلا:

در این روش معمولاً از کلرور مضاعف طلا و سدیم استفاده می‌شود، به طوری که 0/504 گرم سدیم کلرور اوریت را در 25 میلی لیتر اسید کلریدریک یک نرمال حل نموده و حجم محلول را با آب مقطر به 50

میلی لیتر می‌رسانیم تا محول 5 میلی گرم طلا ساخته شود (1 میلی لیتر). برای ساختن محلول‌های دقیق‌تر می‌توان محلول 5 میلی گرم را توسط اسید کلریدریک نیم نرمال رقیق کرد.

رعایت نکات زیر در این امر ضروی است:

الف) اسیدها باید برای محلول‌های شاهد و نمونه‌ها یکسان باشند. اسید نیتریک (1+115) و اسید کلریدریک (1+15) و یا اسید برومیک

ب) محلول‌ها را باید هر دو هفته یکبار تهیه نمود و در ظرف پلی اتیلن ریخته شوند. ج) باید توجه داشت که حداکثر غلظت عناصر تداخل پذیر بیشتر از 50 گرم در تن (50 میلی گرم در لیتر) نباشد (پلاتین، پالادیوم، نقره، مس و غیره) برای جدا نمودن طلا پس از انحلال اسیدی از حلال‌های آلی مانند تولوئن، دی بوتیل سولفید (DBS)، میتیل ایزوبوتیل کتن (MIBK) و استات بوتیل استفاده می‌نمایند. یکی از محاسن این روشها و حلال‌های مذکور این است که از تداخل عناصر همراه با طلا جلوگیری شود.

مهمترین روشهای اندازه‌گیری طلا

1) روش وزن‌سنجی یا روش ذوب احیایی توسط بوته‌های رسی نسوز: این روش قدیمی‌ترین روش اندازه‌گیری طلا و فلزات قیمتی دیگر در مواد معدنی مختلف است که به صورت زیر انجام می‌گیرد:

الف) 15 تا 150 گرم از نمونه معدنی پودر شده را با 146/5 گرم کمک ذوب که از ترکیبات زیر تشکیل شده مخلوط می‌کنند:

-اکسید سرب 80 گرم

-کربنات سدیم 40 گرم

-پودر سلیس 12 گرم

-بوراکس سدیم 12 گرم

-فلوئورید سدیم (نقش بوراکس سدیم را دارد)

-پودر زغال یا مواد احیا کننده 2/5 گرم

ب) مخلوط شماره الف (نمونه و کمک ذوب) را درون کوره یا بوته رسی (رس نسوز) می‌ریزند و به مدت 35 دقیقه در دمای 1025 درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند.

ج) ریختن مواد حاصل از ذوب (مرحله ب) به درون یک قالب فولادی مشبک دایره‌ای و مسطح

د) تشکیل دکمه‌های سربی حاوی نقره و فلزات دیگر (20 تا 25 گرم) بعد از سرد شدن محصول ذوب (سرباره)

ه) شکستن سرباره و آزاد نمودن دکمه‌های سربی

و) چکش کاری، آزاد نمودن و مسطح کردن دکمه‌های سرب

ز) ریختن دکمه‌های سربی در یک ظرف مسطح با ترکیب شیمیایی اکسید منیزیم

ح) حرارت دادن ظرف اکسید منیزیم به مدت نیم ساعت در دمای 950 درجه سانتی‌گراد به طوریکه سرب بخار شود و یا جذب اکسید منیزیم گردد.

ط) جداسازی و تمیز نمودن دکمه‌های حاوی نقره و طلا (چون در این مرحله سرب، جذب اکسید منیزیم شده و از دکمه‌ها جدا می‌گردد)

ی) وزن نمودن دکمه‌های نقره و طلا

ک) انحلال دکمه‌ها توسط اسید نیتريك جهت حل نمودن نقره و شستشوی محصول باقیمانده با آب مقطر

ل) وزن نمودن طلا (حدود 2 میکروگرم)

م) محاسبه نهایی وزن طلا و نقره در کل نمونه (کانیها و سنگها)

نکته : واکنش‌های اساسی که در طی پدیده ذوب در روش وزن‌سنجی صورت می‌گیرد به شرح زیر است:

فلزات قیمتی (طلا و نقره) در نمونه با سرب (احیاء شده از اکسید سرب) آلیاژ تشکیل می‌دهند. در صورتی که سیلیس، آلومینیوم و ترکیبات سیلیکاتی دیگر به صورت سرباره سیلیکاتی در می‌آیند. بنابراین فلزات قیمتی به صورت آلیاژ سربی یا دکمه‌های سربی تشکیل می‌شوند. حساسیت روش وزن سنجی 100 میلی گرم در تن یا 10ppb طلا می‌باشد.

2) روش جذب اتمی شعله‌ای (FAA) : این روش از دقیق‌ترین روشها برای اندازه‌گیری طلا می‌باشد. در این روش تداخل حاصل از فلزات همراه با طلا را می‌توان در مرحله جداسازی توسط حلال‌های آلی از بین برد و طلا را با دقت نسبتاً خوبی اندازه‌گیری نمود. مخلوطی از هوا- استیلن بهترین سوخت برای شعله می‌باشد. علیرغم محاسن خوبی که این روش دارد برای پلاتین، پالادیم، آلومینیوم، آهن، کلسیم، یون سیانور و یون سولفات در بالاتر از 50 گرم در تن (ppm50) ایجاد تداخل می‌نماید.

3) روش جذب اتمی گرافیتی (GFAA) : در این روش یک واحد گرافیتی (کوره گرافیتی) جانشین شعله می‌گردد. در این روش کوره گرافیتی توسط جریان الکتریکی در دمای بالا حرارت داده می‌شود. در طی این پدیده نمونه ابتدا خشک شده و سپس به حالت اتمی در می‌آید و نهایتاً اندازه‌گیری می‌شود. دقت این روش نسبتاً بالا و در مرزهای پائینی از (ppb) است.

4) روشهای نشری : در این روشها معمولاً از سیستم آرگون- پلاسما برای سنجش نمونه‌های جامد و یا محلول استفاده می‌شود. دقت اندازه‌گیری در حد میلی گرم در تن است.

5) روشهای رادیواکتیو : در روشهای رادیو اکتیو نمونه‌ها جریان‌های نوترونی بمباران می‌شود و عناصر به حالت ایزوتوپی در می‌آیند و نهایتاً عیار طلا بر حسب نمونه‌های شاهد اندازه‌گیری می‌شود. دقت این روش در حد 0/1 میلی گرم در تن است. در این روشها منبع انرژی کالیفرنیم 252 می‌باشد.

6) روش فلورسانس اشعه (XRF) X : این روش بدلیل تداخل زیاد عناصر زمینه که همراه طلا هستند از دقت بسیار خوبی برخوردار نمی‌باشد.

7) روش وزن سنجی- ژئوشیمی : این یکی از روشهای عادی و متداول برای اندازه‌گیری طلا است که به ترتیب زیر انجام می‌شود.

الف) ده گرم از نمونه معدني پودر شده را با 75 گرم از كمك ذوب روش وزن سنجي مخلوط مي‌كنند.

ب) 2 قطر نيترات نقره به نمونه اضافه مي‌نمائيم و بر اساس مراحل «ب» الي «د» ذوب کرده و نهايتاً سرد مي‌نمائيم.

ج) در اين مرحله با اضافه نمودن اسيد كلريدريك، نقره به صورت كلريد نقره رسوب مي‌كند و طلا را در تيزاب سلطاني حل مي‌كنند. محلول حاصل را با آب مقطر رقيق نموده و كلور نقره در ته ظرف آزمایش رسوب مي‌كند و سپس محلول را از كاغذ صافي عبور مي‌دهند.

د) 2 ميلي ليتر از محلول را از طريق لوله تغذيه كنده وارد سيستم كوره گرافيتي دستگاه جذب اتمي مي‌نمايند عيار طلا را اندازه‌گيري مي‌كنند.

ه) روش محاسبه به اين ترتيب است:

$$Au = (C * V / W) * 100$$

$$Au = \text{عيار طلا در سنگ (ppb)}$$

$$C = \text{غلظت طلا در محلول (ميكرو گرم در ميلي متر)}$$

$$V = \text{حجم نمونه (2 ميلي گرم)}$$

$$W = \text{وزن نمونه پودر شده}$$

$$100 = \text{ضريب رقت محلول}$$

در اين روش دقت و حساسيت اندازه‌گيري ppb2 مي‌باشد كه محدوده عيار عادي طلا را در سنگهاي مختلف پوسته زمين نشان مي‌دهد.

8) روش رنگ سنجي : در اين روش با استفاده از معرف‌ها و محلولهاي رنگين طلايي موجود در نمونه‌هاي سنگي و رگه‌اي به صورت لکه‌هاي قرمز تا قرمز تيره رنگ مشخص مي‌شود. روش کار به ترتيب ذيل مي‌باشد:

الف) گذاشتن كاغذ معرف داخل يك محلول ثابت كنده طلا (نقره را از طلا جدا مي‌كند)
ب) شستن كاغذ به صورت 20 دقيقه با آب مقطر و نهايتاً خشك نمودن آن.
ج) گذاشتن كاغذ در تيزاب سلطاني براي يك دقيقه

د) اسيدزدائي كاغذ توسط يك كاغذ صافي مخصوص

ه) قرار دادن سطح صيقلی نمونه (كاني- سنگ) بر روي كاغذ معرف طلا به مدت يك دقيقه

و) اضافه نمودن معرف رنگي رودانين

در صورتیکه PH كاغذ اسيدی باشد رنگها ظاهر نمی‌گردند. در چنین حالي باید كاغذ را در استات سدیم و اسيد استيك قرار دهيم و دوباره بعد از شستن و خشك نمودن با معرف رودانين آزمایش نماييم. به جاي معرف رودانين مي‌تون از بنزيدين استفاده کرد كه رنگ طلا را بنفش نشان مي‌دهد. اگر قطر ذرات طلا در حد 0/02 ميلي متر باشد يك دقيقه وقت لازم است تا رنگها ظاهر شود. از كلييه موارد فوق چنین نتیجه‌گيري مي‌شود كه روشهاي وزن سنجي و جذاب اتمي به علت ساده بودن، اقتصادي بودن روش و حساس بودن روش مي‌توانند از تأثير خوبي برخوردار باشند.

عوامل عملياتي در توليد طلا

1) ضرورت‌های محیطی:

در معادنی که از روش‌های سنتی مانند سیانیداسیون (Cyanidation) سنتی استفاده می‌نمایند. بایستی از پیش احتیاط‌های مخصوص و روش‌های ثبت و کنترل برای جلوگیری از آلودگی محیط اطراف استفاده گردد. در وضعیت‌های اضطراری، در صورت هرگونه حادثه شیمیایی از قبیل، انتشار مواد سیانیدی جهت خنثی نمودن اثرات زیان بار آن می‌توان از گاز کلر (Cl) استفاده نمود. از آنجا که خطر آلودگی ناشی از جیوه وجود دارد، در حال حاضر استفاده از ملقمه جیوه در عملیات استخراج طلا در مقیاس بزرگ، واقعا تحریم شده است. جیوه و آرسنیک جزء مواد آلوده کننده کانیهای طلا بوده و در فرآیندهای استخراج مشکل آفرین و هزینه بر می‌باشند. سایر آلوده کننده‌های پتانسیلی که بعنوان محصولات فرعی عملیات استخراج طلا به حساب می‌آیند عبارتند از:

تلوریوم (Tellurium)، بیسموت (Bismuth)، آنتیموان (Antimony) و تالیوم (Tallium) دو سولفید آهن یعنی پیریت (Pyrite) و پیرروتیت (Pyrrhotite) که معمولا در کانسارهای طلا رخ می‌دهند می‌توانند بعنوان یک جریان آلودگی تلقی شوند، البته از آنکه اکسید شده و تشکیل سولفات‌ها و دیگر ترکیبات محلول را بدهند. آلودگی ناشی از عملیات روی کانسارهای آبرفتی را می‌توان از طریق حوضچه‌های درست طراحی شده، کاهش داده و یا کاملا حذف نمود. انبارهای موقتی مخصوص ضایعات و باطله حاصل از آسیا و محصولات استخراج شده، بایستی تحت رسیدگی دقیق قرار گرفته و هزینه‌های کنترل مربوطه بایستی در نظر گرفته شوند. لازم به توجه است که ضرورت‌های توسعه یافته امنی معادن در سال‌های اخیر از فاکتورهای مهم هزینه بر محسوب می‌شود.

2) انرژی مورد نیاز

بر طبق مطالعات انجام شده در سال 1976 با بهره‌گیری از الگوهای ویژه‌ای مشخص شد که مقدار انرژی لازم برای بازیابی یک تن طلای فلزی از یک عملیات استخراج معدن به روش زیرزمینی، تقریبا دو برابر مقدار مورد لزوم برای بازیابی همان مقدار در عملیات روباز می‌باشد. تنها به صرف مقایسه مقدار انرژی مورد لزوم برای تولید یک تن خالص طلا از کلیه منابع اولیه حدود 59000 میلیون واحد گرمایی بریتانیا (B.T.U) می‌باشد و این رقم با حدود 1500 میلیون (B.T.U) برای بازیابی یک تن خالص نقره از کلیه منابع اولیه مربوطه مقایسه می‌شود.

3) مشکلات (Problems)

شاید مساله اصلی و مشترک بین مصرف کننده و تولید کننده طلا یکی باشد و آنهم قیمت است و این مساله از دیرباز وجود داشته و در آینده نیز وجود خواهد داشت. از طرفی مساله نوسانات شدید قیمت طلا، خود دلایل و مسائلی متنوع و مستقیم با شرایط عمومی جهان به ویژه در دهه گذشته نهفته است. مدل‌های اندازه‌گیری اقتصادی کامپیوتری، قیمت طلا را با استفاده از ترکیب فاکتورهای اجتماعی سیاسی و اقتصادی در سال‌های اخیر پیش‌بینی می‌نمایند. پیش‌بینی قیمت طلا بطور غیرعادی پیچیده می‌باشد، زیرا طلا نه تنها به عنوان یک فلز قیمتی و تزئینی و صنعتی می‌باشد، بلکه به عنوان یک واسطه ارزی و یا استاندارد ارزش پولی در نظر گرفته می‌شود و قیمت طلا بر خلاف سایر ارقام نه تنها تابع عرضه و تقاضا می‌باشد، بلکه تابع فاکتورهای غیرقابل پیش‌بینی نظیر حوادث پیش‌بینی نشده جهانی، پایدار و ثبات و عدم ثبات ملت‌ها و دولت‌ها از لحاظ سیاسی و اقتصادی و سطح تورم اقتصادی جهان می‌باشد. مصرف کنندگان صنعتی طلا که با قیمت‌های مخرب مواجه شده‌اند، به فکر جایگزینی مواد دیگر در محصولات تولیدی خود و یا کمتر نمودن میزان مصرف خود می‌باشند. یک مساله بالقوه دیگر، رکود پایدار پیش‌بینی شده در تولید فلزی آفریقای جنوبی است که از سال 1987 آغاز گردیده و در اثر کاهش ممکن است میزان اکتشاف و توسعه افزوده شده و روش‌های استخراج و تولید بهبود یافته و اقدامات معدنی در جهان که ممکن است تحت تاثیر این کاهش تولید در آفریقای جنوبی واقع گردند عبارتند از:

کاهش و نزول درجات کانی، کمبود سرمایه و نیروی کار ماهر، تورم، هزینه‌های بالا در استخراج‌های عمیق، سطح بالای هزینه مورد لزوم برای توسعه اولیه معادن جدید، آشوب‌ها و اضطراب‌های کارگری و کاهش یاد شده اثرات عمیقی را کاملا در اقتصاد جهانی طلا و صنعت استخراج طلا بر جای خواهد گذاشت.

تحقیقات و کاربردهای طلا

مدتی است روی فرآیند جدایش کپه‌ای کانیهای کم عیار (Heap Leaching) توسط اداره معادن آمریکا

تحقیقات گسترده‌ای در حال انجام می‌باشد. این فرآیند موجب کاهش عمومی هزینه‌های استخراج طلا می‌گردد. همچنین فرآیند استخراج طلا با استفاده از کربن فعال شده، از محلول جدایش حاصل از فرآیند جدایش کپه‌ای فرآیند مؤثری برای کانیهای کم عیار تلقی می‌گردد. کاربردهای موفقیت آمیز فرآیند مزبور در تعداد رو به افزایش معادن آمریکا و کشورهای دیگر آشکار گردیده است، لازم به تذکر است که این تسهیلات برای جدایش به گونه‌ای طراحی می‌شوند که مسائل و مشکلات فصلی از قبیل یخ زدن محلول‌های جدایش را سبک و برطرف نمایند، موارد مواجهه شده در خلال جدایش کانسارهای زیاد هوازده در مناطق استوایی Tropical با پیشرفت تکنولوژی جدایش در حال کم شدن می‌باشند. در حال حاضر اداره معادن آمریکا همچنین در حال سرمایه‌گذاری و بررسی دقیق امکان عملی بودن استخراج طلا و نقره از طریق تزریق یک محلول جدایش از میان سوراخهای ایجاد شده در پیکره کانی و سپس بازبایی دوباره محلول و فرآیند نمودن آن برای بازبایی فلزات حل شده در آن می‌باشد. این تکنیک که بنام عملیات استخراج در محل (insits) شناخته می‌شود، در مورد استخراج بعضی از انواع کانسارهای معدنی با موفقیت به کار گرفته شده است. تحقیقات در زمینه نحوه‌ها و موارد کاربرد طلا به مقدار زیاد بستگی به کیفیت رو به رشد و استفاده اقتصادی محصولات آن دارد. به ویژه از طرف سازندگان فرآورده‌های الکترونیکی، آبکاری نقطه‌ای و ترجیحی مورد توجه بیشتر قرار گرفته است. تحقیقات روی توسعه آبکاری طلا از لحاظ کیفی با استفاده از تکنولوژی پیشرفته رسوب دهی الکترونیکی در حال تداوم می‌باشد، همچنین سرمایه‌گذاری‌های روی آبکاری طلا از طریق electroless آبکاری بدون برق) همانند آبکاری (Laser - enhanced) که مزیت‌هایی بر روشهای سنتی دارند، در حال انجام می‌باشند. همچنین استفاده از فیلمهای طلا در رفلکتورهای مادون قرمز (Infraed - reflectors) در وسایل گرمادهی تابشی و شیشه پنجره‌های ساختمانهای مهندسی و طلا و آلیاژهای (طلا- کروم) جهت استفاده در کلکتورها و متمرکز کننده‌های ادوات تبدیل انرژی خورشیدی، در حال بررسی بوده و تحقیقاتی در زمینه قابلیت ایجاد اتصال آلیاژهای لحیم کاری سخت که محتوی طلا باشند برای لحیم کاری‌های سخت در کمپرسورهای موتور هواپیما و دیگر مواردی که عملکرد بالا و دقیقی مورد نظر می‌باشد، در حال انجام است. تحقیقات جدید نیز روی خواص کاتالیزوری (Catalytic) طلا در مواردی که نیاز به کاتالیزورهای کاملا انتخابی باشد، از قبیل پالایش نفت خام، پیشنهاد گردیده است.

نکته : در ایران توجه خاصی به فرآوری طلا نشده است و ذخایر قابل توجهی در مناطق مختلف کشور مانند زرشوران تکاب، آق دره تکاب و کوه زر دامغان وجود دارند که هر یک ویژگی‌های خاص خود را داشته و باید از روش‌های ویژه‌ای برای استحصال طلای آنها استفاده کرد. پس از شناسایی اندیس‌های طلا دار در مناطقی از کشور توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مسئله فرآوری و استحصال آن مطرح و در نهایت با همکاری شرکت Jingxe از کشور چین روش نسبتاً ساده و ارزان قیمت Vat Leaching برای ذخایر اکسیدی پیشنهاد گردید که این تجربه برای اولین بار در کشور در سطح وسیعی انجام گرفت. یکی از مشکلات استخراج طلا این است که اکثر ذخایر سطحی طلا تاکنون کشف گردیده اند و کانسارهای رگه‌ای طلا نسبت به ذخایر انباشته‌ای آن نیاز به معدنکاری زیرزمینی دارند. بنابراین بهره برداری از ذخایر انباشته‌ای نیاز به منابع عظیم آب دارد. هنگامی که طلا به صورت طبیعی است به آسانی توسط سیانید کردن باطله‌ها جدا می‌شود. اما زمانی که در داخل کانیهای دیگر است، تصفیه و جداسازی آن مشکل است. پیریت-کالکوپیریت و آرسنیورهای همراه طلا، تصفیه و سیانید کردن آنها مشکل و پرهزینه می‌کند. در آمریکا، مخارج سیانید کردن و فلوتاسیون 2/50 تا 8/75 دلار در تن است. در آفریقای جنوبی با وجود اینکه روش‌های نوین استخراج طلا از انباشته‌های قدیمی را میسر ساخته است، ولی استخراج رگه‌ای عمیق طلا و پلاسر قدیمی آن بواسطه بالا بودن درجه حرارت، فشار و رطوبت ناشی از عمق زیاد معادن بسیار مشکل است. بطور کلی روشهای متداول استخراج طلا از سنگهای معدنی طلا دار، متناسب با چگونگی وجود طلا، شامل: خاکشویی و یا روش ثقلی، ملقمه کردن، کلراسیون و سیانوراسیون می‌باشد. در سالهای اخیر تکنولوژیهای جدید و متنوعی برای استحصال طلا در جهان مطرح و توسعه یافته است. از این میان روشهای تشویه و اکسیداسیون تحت فشار، راه خود را به صنعت طلا پیدا کرده‌اند، هر چند مشکلات زیست محیطی ناشی از تشویه و اکسیداسیون تحت فشار، این روش را در تنگنا قرار داده است. سادگی روش اکسیداسیون میکروبی و هزینه کم سرمایه‌گذاری آن، باعث احداث چند کارخانه در نقاط مختلف جهان شده است. در سال 1993 و 1994، دو کارخانه استحصال میکروبی طلا با انتقال دانش فنی از کشور آفریقای جنوبی در استرالیا بنا شده‌اند. در سال 1994 شرکت گلدفیلدشانی کارخانه‌ای برای فرآوری میکروبی 720 تن کنسانتره سولفوری طلا در روز، احداث کرده است. با توسعه تکنولوژی فرآوری میکروبی طلا، این روش در مورد استحصال سایر فلزات از قبیل: مولیبدن، کبالت، منگنز و نیز زمینه‌های خاصی مانند فلوتاسیون، رشد چشمگیر در جهان داشته‌اند.

برگرفته از پایگاه علوم زمین