



شرکت ملی صنایع مس ایران

استحصال رنیوم از منابع موجود در مجتمع مس سرچشمه و
مجتمع مس شهربابک (چالشها و ظرفیتها)

اولین همایش و نمایشگاه چشم انداز صنایع غیر آهنی ایران

ارائه کننده: معصومه ترابی پاریزی

مهرماه ۹۷



معرفی فلز رنیوم و کاربردهای آن

توزیع رنیوم در مجتمع مس سرچشمه

روشهای استحصال رنیوم از کنسانتره مولیبدنیت

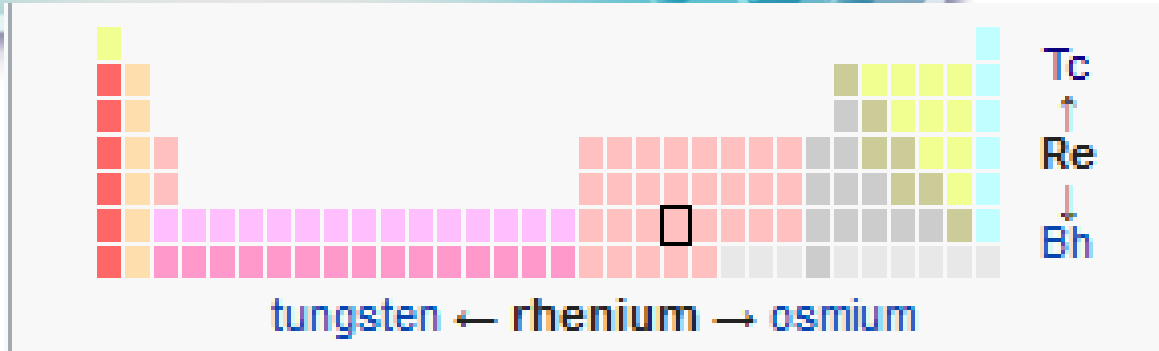
چالشهای فنی در تولید APR

جمع بندی

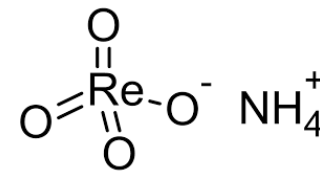
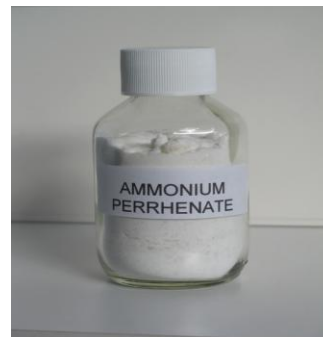
معرفی فلز رنیوم و کاربردهای آن

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



- ✓ رنیوم در سال ۱۹۰۸ میلادی کشف شد. مبنای نام گذاری رودخانه راین در آلمان بوده است.
- ✓ رنیوم از لحاظ نقطه ذوب در رتبه سوم (۳۱۸۶ درجه سانتی گراد) و از لحاظ نقطه جوش در رتبه دوم (۵۶۳۰ درجه سانتی گراد) در میان تمام عناصر قرار دارد.
- ✓ میانگین عیار رنیوم در پوسته زمین در حدود (۱ ppb) است. قیمت آن بعد از طلا و گروه پلاتین است.



معرفی فلز رنیوم و کاربردهای آن

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



سوپر آلیاژها: سوپر آلیاژهای رنیوم در محفظه احتراق، پره توربین و نازل آگروز موتور جت استفاده می‌شود. این سوپر آلیاژها تا ۶ درصد وزنی محتوی رنیوم بوده و حدود ۸۰ درصد کل مصرف رنیوم در جهان در صنایع ساخت موتور جت است.



کاتالیزور: رنیوم یک کاتالیزور عالی برای هیدروژنه و ایزومر کردن است. حدود ۱۵ درصد کل مصرف جهانی رنیوم در صنایع کاتالیزور است.

میزان ذخایر و تولید سالیانه رنیوم در دنیا

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



میزان ذخایر و تولید سالانه رنیوم در جهان

	Mine production ⁶		Reserves ⁷
	<u>2016</u>	<u>2017^e</u>	
United States	8,440	8,500	390,000
Armenia	350	350	95,000
Canada	—	—	32,000
Chile ⁸	27,000	27,000	1,300,000
China	3,000	3,000	NA
Kazakhstan	1,000	1,000	190,000
Peru	—	—	45,000
Poland	9,000	9,000	NA
Russia	NA	NA	310,000
Uzbekistan	1,000	1,000	NA
Other countries	<u>1,800</u>	<u>1,800</u>	<u>91,000</u>
World total (rounded)	51,600	52,000	2,500,000

Based on Kg ., USGS 2018

میزان ذخایر و تولید سالانه رنیوم در دنیا

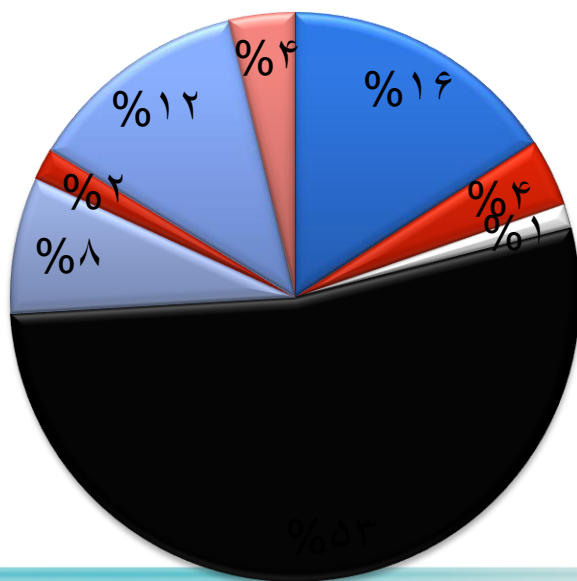
Extraction of Re from...

R&D of NICICO



Rhenium Reserve Total: 2.5 million Kg

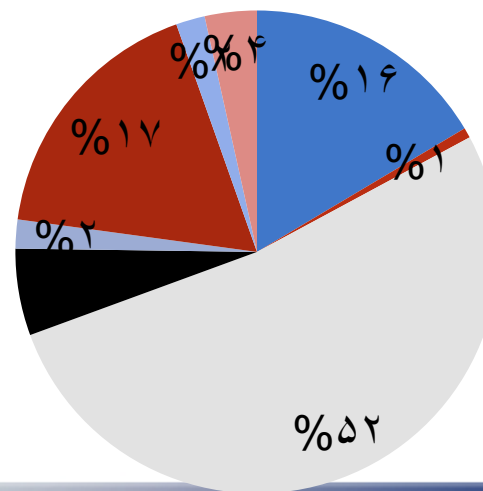
- United States
- Canada
- Kazakhstan
- Russia
- Armenia
- Chile
- Peru
- Other countries



USGS 2018

Rhenium Production Total: 52 ton/year

- United States
- Chile
- Kazakhstan
- Uzbekistan
- Armenia
- China
- Poland
- Other countries



USGS 2018



امریکا به تنهایی ۴۵ تن سالیانه (۹۳٪) رنیوم مصرف دارد. (USGS 2018)

سه شرکت بزرگ تولید کننده رنیوم و محصولات آن:

Molymet شیلی ۵۰٪

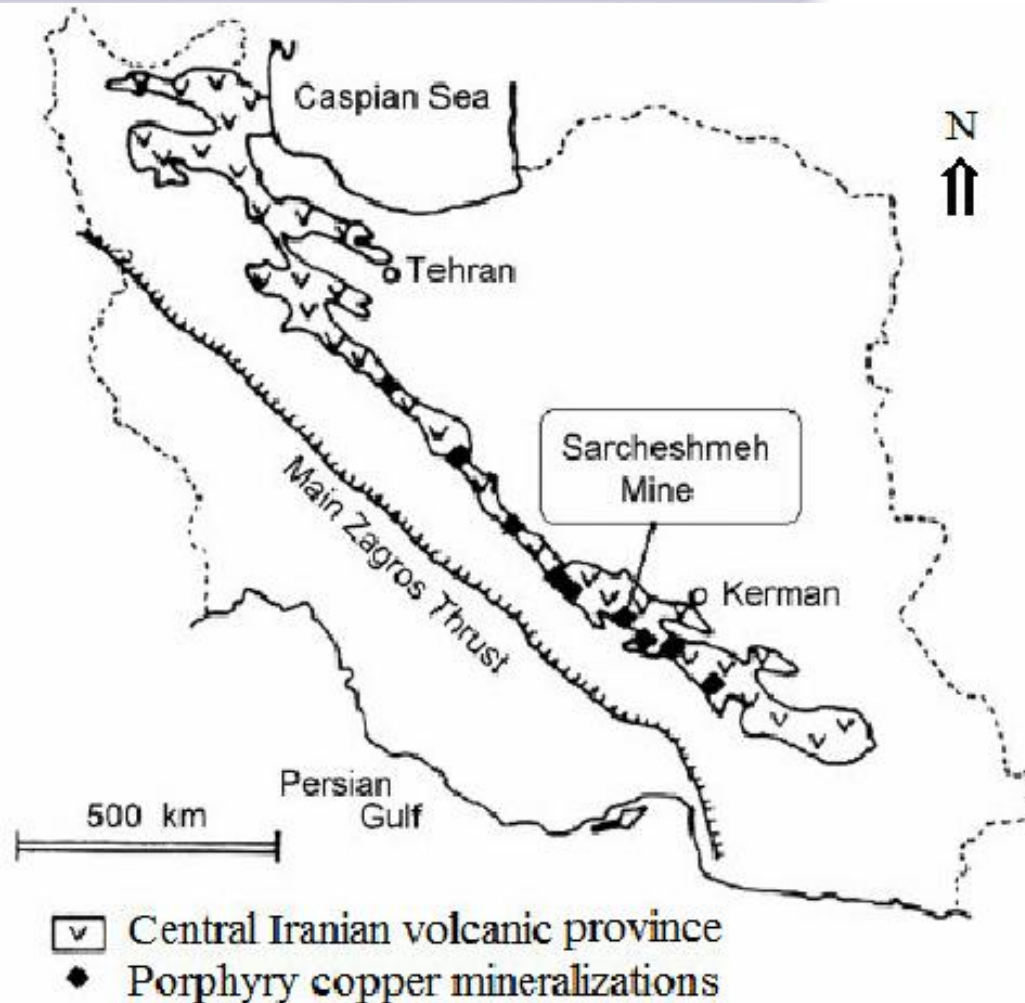
Phelpdodge زیر مجموعه Free Port MC Moran ۱۴٪

Red Met قزاقستان ۱۴٪

توزیع رنیوم در مجتمع مس سرچشمه

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



Sarcheshmeh Copper Complex

Extraction of Re from...

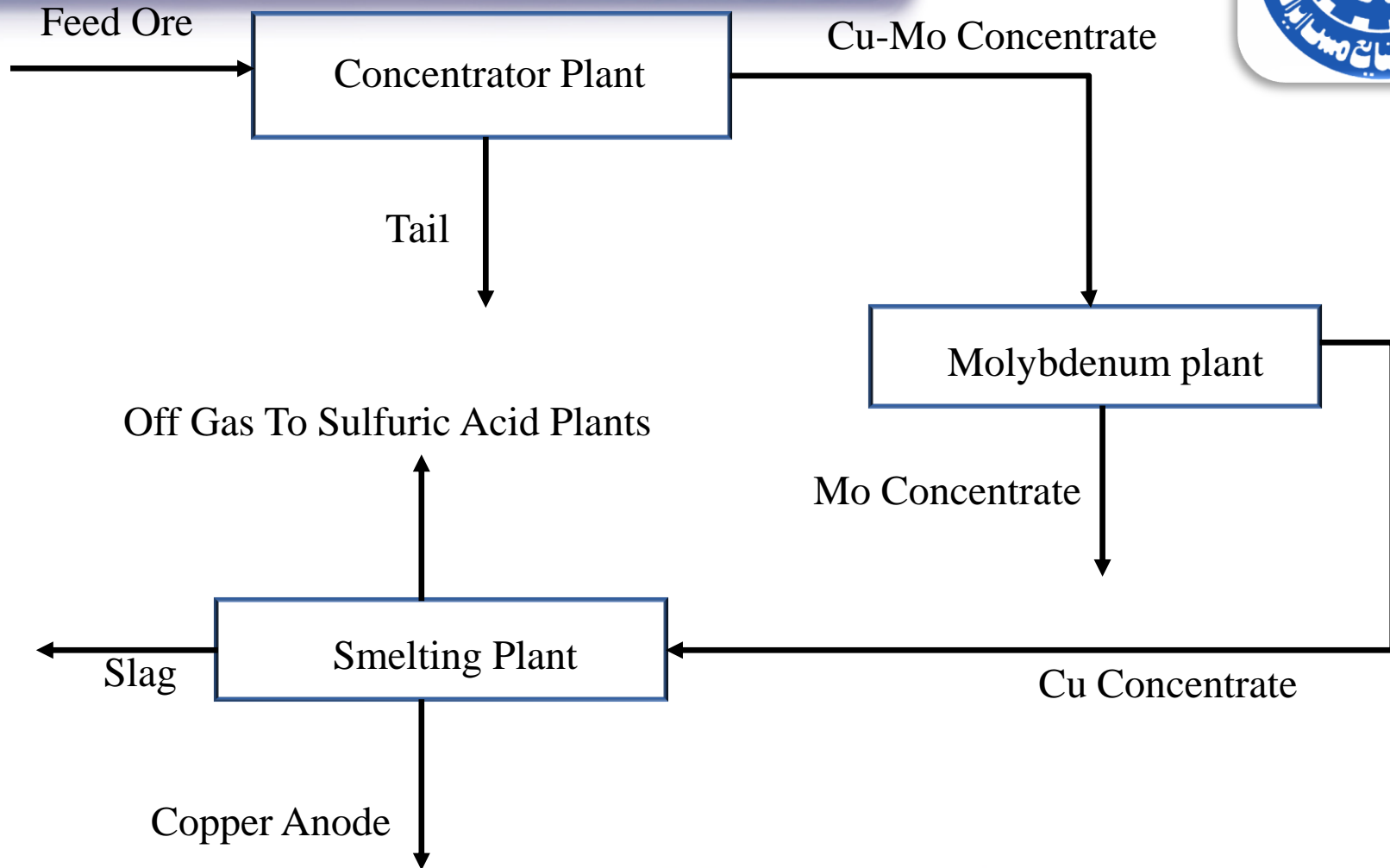
R&D of NICICO



ذوب

سنگ شکنی

تغلیظ



توزیع رنیوم در مجتمع مس سرچشمه

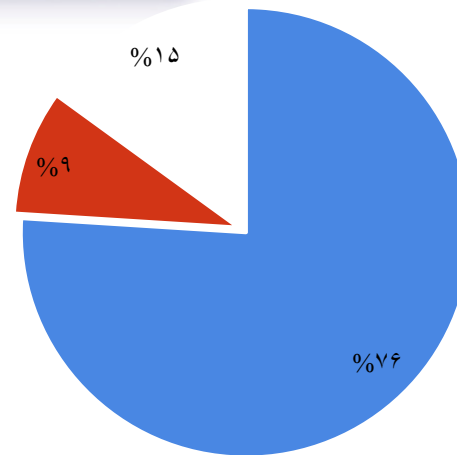
Extraction of Re from...

R&D of NICICO



Concentrator Plant

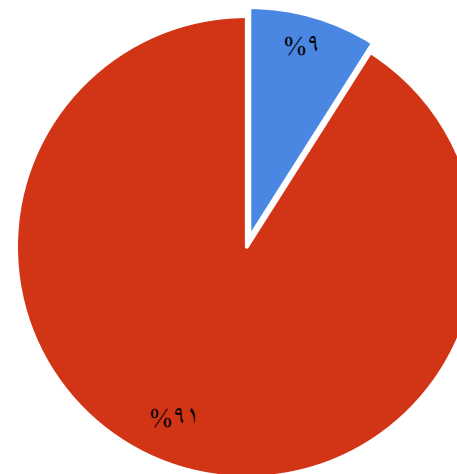
Stream	Distribution
Ore Feed	100
Flotation Tail	76
Cu Concentrate	9
Mo Concentrate	15



- Flotation Tail
- Cu Concentrate
- Mo Concentrate

Smelter Plant

Stream	Distribution
Cu Conc	100
Smelter Slag	9
Off Gass	91



- Smelter Slag
- Off Gas

استحصال رنیوم از کنسانتره مولیبدنیت

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



استحصال رنیوم از کنسانتره مولیبدنیت مجتمع مس سرچشمه

لیچینگ تحت فشار کنسانتره مولیبدنیت
در حضور اکسیژن

تشویه کنسانتره
مولیبدنیت (استحصال رنیوم از
غبار)

لیچینگ تحت فشار

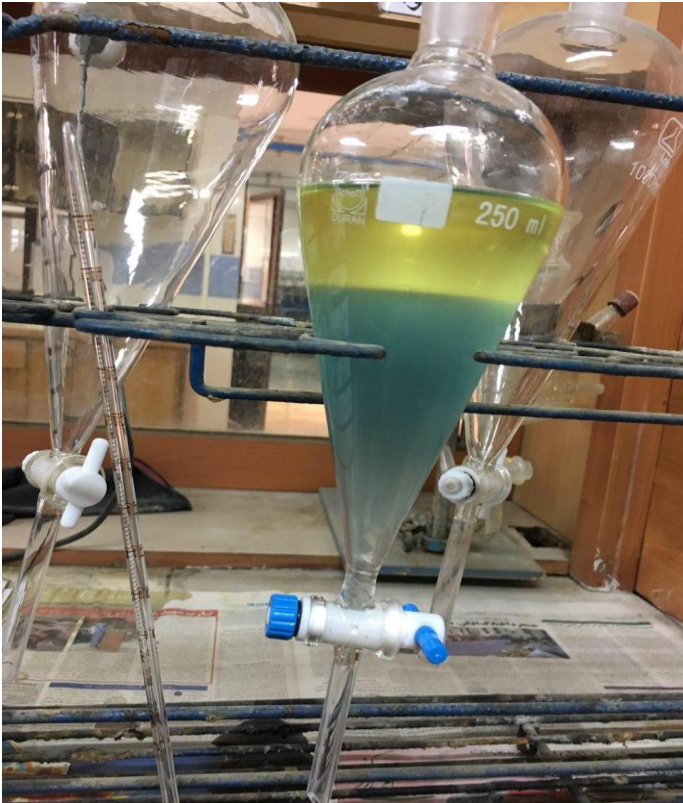


Extraction of Re from...

R&D of NICICO



-انجام تست های لیچینگ تحت فشار در
مقیاس آزمایشگاهی و بهینه سازی نتایج
- انحلال ۹۸٪ رنیم از فاز جامد (کنسانتره مولیبدن) به محلول و
تقریباً ۸۵٪ مولیبدن به صورت تری اکسیدمولیبدن (جامد)
باقی میماند.



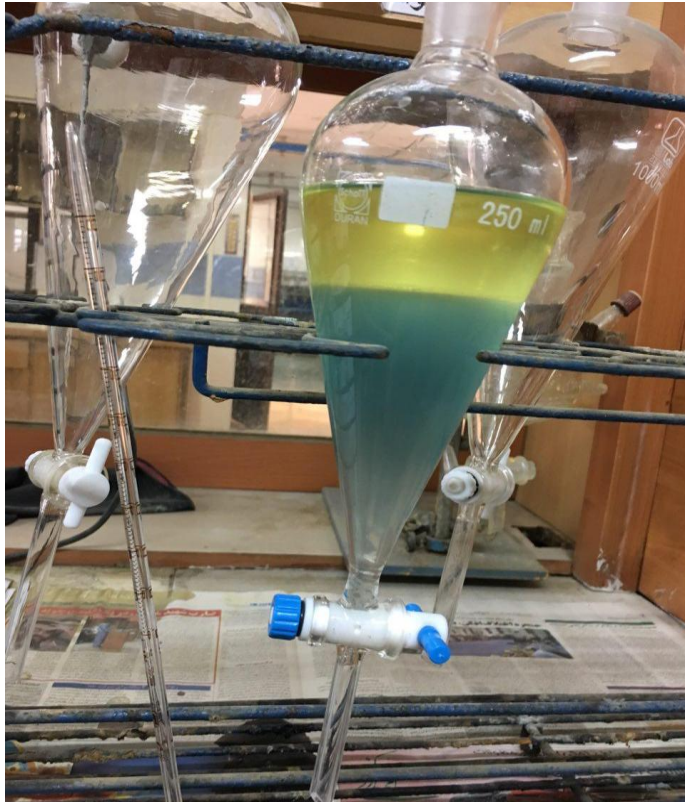
✓ انجام مطالعات SX بر روی PLS حاصل از لیچینگ تحت فشار با استخراج کننده های مختلف از جمله آمین نوع سوم و چهارم و بهینه سازی نتایج در مقیاس آزمایشگاهی

- با استخراج کننده تری بوتیل فسفات: ۹۰٪ رنیم محلول با یک مرحله استخراج وارد فاز آلی میشود و در مرحله استریپ ۹۰٪ رنیم با یک مرحله استریپ از فاز آلی وارد فاز آبی میشود. برای مولیدن حدود ۷۰٪ مولیدن با یک مرحله استخراج وارد فاز آلی می شود و در مرحله استریپ هم ۷۰٪ استریپ میشود. (با تنظیم pH)

مطالعات استخراج با حلال آلی

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



✓ انجام مطالعات اولیه SX بر روی PLS حاصل از تحت فشار با استخراج کننده‌های آمینی نوع سوم و چهارم در مقیاس آزمایشگاهی

راندمان استخراج رنیوم: ۹۷/۵ درصد

راندمان استخراج مولیبدن: ۸۳ درصد

استرپینگ انتخابی مولیبدن (با آمونیاک) راندمان استرپینگ مولیبدن ۶۸ درصد و

راندمان استرپینگ رنیوم ناچیز

خود رنیوم نیز در ادامه با اسید نیتريك با راندمان بالای ۹۰ درصد استریپ می‌شود.

مطالعات استخراج با رزین تبادل گر یون

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



✓ انجام مطالعات استحصال رنیوم از PLS لیچینگ تحت فشار با استفاده از رزین قلیایی ضعیف در مقیاس آزمایشگاهی

جذب رنیوم به صورت کاملاً انتخابی انجام میشود و میانگین راندمان جذب آن

حدود ۸۵٪ بدست آمده است

الوشن با آمونیاک انجام شده است و طی سه مرحله الوشن حدود ۶۰ درصد

راندمان داشته است.

تشویه کنسانتره مولیبدنیت

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



✓ مطالعات بالانس جرم و توزیع رنیوم در محصولات مختلف کوره شماره ۱ کارخانه فرومولیدن خاتون آباد

✓ تست های آزمایشگاهی بر روی استحصال رنیوم از غبار فرومولیدن خاتون آباد

✓ تست های نیمه صنعتی بر روی غبار فرومولیدن خاتون آباد در فرومولیدن کویر و تولید حدود ۲ کیلوگرم آمونیوم پرنات

✓ طراحی و ساخت پلنت صنعتی در مجتمع فرومولیدن خاتون آباد

✓ انجام تست های SX اولیه در مقیاس آزمایشگاهی برای بهبود فرآیند شیمیایی موجود در ایران

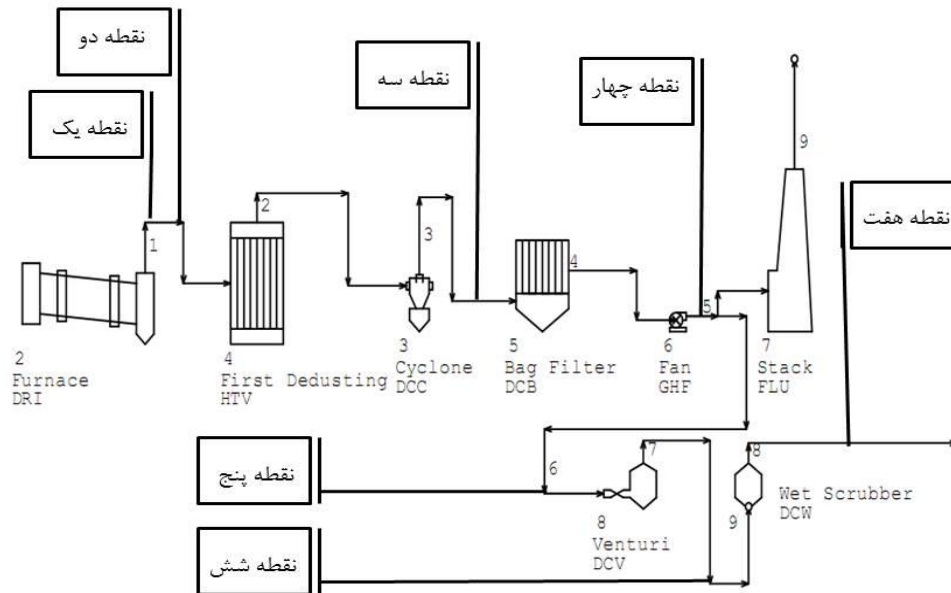
تشویه کنسانتره مولیدنیت

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



✓ انجام آنالیز گاز در مجتمع فرمولیبدن خاتون آباد و بررسی توزیع رنیوم در محصولات مختلف



شماتیک نقاط نمونه برداری از گاز

توزیع رنیوم در محصولات تشویه

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



با اطمینان بالایی می توان ادعا کرد که هدرروی رنیوم در گاز خروجی از کارخانه فرو مولیبدن خاتون آباد بسیار ناچیز (زیر ۱ درصد از رنیوم محتوی کنسانتره مولیبدنیت) بوده و بازیایی رنیوم از گاز خروجی توجیه ندارد.

توزیع رنیوم (%)	ماهیت نمونه
100	کنسانتره مولیبدنیت
50	اکسید مولیبدن
حدود 50	مجموعه غبارها
ناچیز	گاز خروجی از دودکش

تست های لیچینگ غبار و استحصال رنیوم

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



- ✓ تست های آزمایشگاهی بر روی استحصال رنیوم از غبار فرومولیدن خاتون آباد
- ✓ تست های نیمه صنعتی بر روی غبار فرومولیدن خاتون آباد در فرومولیدن کویر و تولید حدود ۲ کیلوگرم آمونیوم پرنات

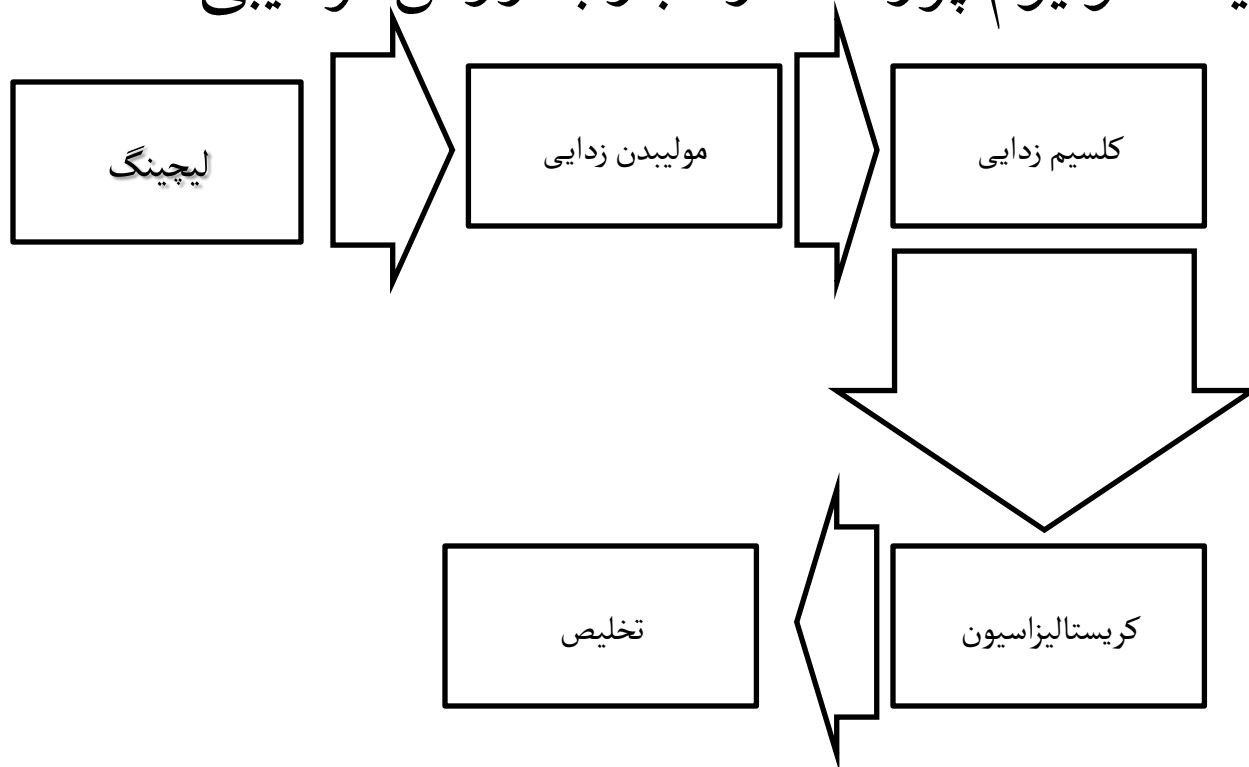
انتقال ۱۰۰۰ کیلوگرم غبار کوره های تشویه به کارخانه فرومولیدن کویر رفسنجان

متوسط آنالیز غبار اولیه جهت انجام تست لیچینگ

(wt%) Oil	(wt%) H ₂ O	(wt%) Mo	(wt%) Re
۱۵/۳۲	۷/۴۴	۵۵/۲۷	۰/۲۸



مراحل تولید آمونیوم پررئات از غبار به روش ترسیبی:



انجام تست صنعتی لیچینگ غبار

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



انجام تست صنعتی لیچینگ غبار
مرحله لیچینگ



انجام تست صنعتی لیچینگ غبار مولیبدن زدایی



انجام تست صنعتی لیچینگ غبار

Extraction of Re from...

R&D of NICICO



انجام تست صنعتی لیچینگ غبار کلسیم زدایی

انجام مرحله تخلیص و تولید محصول نهایی (APR)





Extraction of Re from...

R&D of NICICO



✓ طراحی و ساخت پلنت صنعتی در مجتمع فرمولیبدن خاتون آباد



چالش‌های فنی در تولید APR



Extraction of Re from...

R&D of NICICO



علاوه بر عیار رنیوم در **APR**، بایستی غلظت ناخالصی‌های دیگر نیز در حد مجاز قرار گیرد تا بتوان محصول مطابق با استاندارد تولید نمود.

	Russia-Kazakhstan			Poland		
	AP-00	AP-0	AP-1	pure	Pure for analyses	Spectrally pure
Re(%)	69.3	69.1	69	-----	-----	-----
K(ppm)	10	50	100	50	12	2
Ca(ppm)	10	10	30	50	12	2
Si(ppm)	10	10	20	-----	-----	-----
Mg(ppm)	2	2	20	6	10	1.5
Cu(ppm)	0.5	1	1	60	12	1
Mo(ppm)	5	5	100	60	12	1
Na(ppm)	5	10	20	55	12	2
S(ppm)	20	20	50	-----	-----	-----



اقتصادي

کنسانتره مولیبدنیت توليدي در مجتمع مس سرچشمه از نوع کنسانتره اصطلاحاً تمیز بوده و عیار مولیبدن و به ویژه رنیوم در آن بالاست (حدود ۶۰۰ گرم بر تن). میانگین عیار رنیوم در کنسانتره‌های مورد استفاده در کارخانه مولیبت (بزرگ‌ترین تولیدکننده رنیوم جهان) در حدود ۲۰۰ گرم بر تن است که این نکته مزیت اقتصادی کنسانتره مولیبدنیت سرچشمه را پررنگ‌تر می‌کند.

با بررسی اقتصادی صورت گرفته در مورد کارخانه استحصال رنیوم از غبار فرومولیبدن خاتون آباد، در مجموع $MIRR=63\%$ محاسبه شده است.



از توجه شما عزیزان متشکرم