بررسي عناصر نادرخاكي (REE) كانسار آپاتيت اسفوردي (بافق يزد)

رضيه هراتي نيک[1] و دکتر احمد خاکزاد[2]

چکيده

در راستاي بررسي عناصرنادرخاکي کانسار آپاتيت اسفوري، نتايج آناليز ICP. MS نشان داد که پنج عنصر Ce,Nd,La,Y,Pr جزوفراوانترين عناصرنادرخاکي اين مطالعات است که ضريب همبستگي مثبت دارند.
عناصرنادرخاکي سبک دراين کانسار بسيار فراونتر از عناصرنادرخاکي سنگين است . درصد کل عناصرنادرخاکي برابر : 0/55% و با توجه به اينکه توليد ساليانه کنسانتره آپاتيت 103000 تن است، تناژ کل عناصرنارخاکی برابر566/5 تن مي باشد. باتوجه به نتايج آناليز XRD کانيهاي فلوئور آپاتيت، کوارتز و هماتيت بيشترين کانيهاي خاک ورودي و کنسانتره را تشکيل مي دهند . در باطله هاي قديمي معدن ميزان فلوئورآپاتيت بيشتر ازهماتيت است که نشان مي دهد در گذشته فرآوري به خوبي صورت نمي گرفته است. در فرآوري کنوني کانيهاي روتيل، دولوميت وکرديريت از خاک ورودي جدا شده و در کاني کلسيت غني سازي صورت مي گيرد.کانيهاي مرتبط با REE : فلوئورآپاتيت و مونازيت، کانيهاي مربوط به کانسار : فلوئورآپاتيت، مگنيت و هماتيت، کانيهاي مربوط به سنگ دربرگيرنده : کوارتز، کرديريت، روتيل و کانيهاي ثانويه : دولوميت، کلسيت، اوليوين، آنکريت، کلينوکلر و گوتيت هستند. در کنار آپاتيت، مونازيت و آلانيت به مقدار کمترشرکت دارند که حامل REE سنگين آپاتيت بافق هستند .

کليد واژه ها : کانسار آپاتيت اسفوردي، عناصرنادرخاکي، فلوئورآپاتيت، کنسانتره

Study of Rare Earth Elements in the Esfordi Apatite Mine (Bafgh Yazd)

Razieh Harati Nik and Dr. Ahmad Khakzad

Abstract:

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد زمين شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
[2] عضور هيئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

Archive of SID
www.SID.ir

Trough the study of Rare Earth Elements of Apatite Esfordy, the results of ICP.MS analyses indicated that five elements including Ce, Nd, La, Y, Pr are more abundant elements, in this mine and they have positive correlation index. In this mine light rare earth elements are more abundant than heavy rare earth elements. Total percentage of rare earth elements is 0.55 % and according to the production of concentration is103000ton a year, total weight is 566.5tons in concentration. Considering the result of XRD analyses Fluor apatite, Quartz and Hematite are most minerals of input soil and concentration. Within old waste of this mine the amount of Fluor apatite is more than Hematite which is shows that in past processing did not perform correctly. In current processing Rutile, Dolomite and Coromite are separated from the input soil and are enriched in Calcite. Minerals related to REE include Fluor apatite and monazite, minerals related to bed rock include Quartz, Cordierite, Rutile and secondary minerals include Dolomite, Calcite, Olivine, Ankerite, Clinocolor and Gutite. Along with Apatite there are Monazite and Alanite, but less in quantity in which heavy REE of Bafgh Apatite is included.

Keywords: Esfordi Apatite Mine, Rare Earth Elements, Flour Apatite, Concentration

مقدمه

کانسار آپاتیت اسفوردي در فاصله 30 کیلومتري شمال شرق شهر بافق یزد و در ارتفاق 1700 متري از سطح دریا واقع شده است (بهرامی و هاشمی، 1370) این کانسار تنها کانسار فسفات آذرین شناخته شده در ایران مي باشدکه مقادیري عناصرنادرخاکي (REE) در آن شناسایي گردیده است . منشاء این کانسار ماگمایي است . در محدوده کانسار سه افق معدني یافت مي شود که آپاتیت، هماتیت، مگنتیت، ترمولیت، اکتینولیت، کلسیت و کوارتز کانیهاي عمده آن را تشکیل مي دهند . نوع آپاتیت این کانسار فلوئور آپاتیت مي باشد . کانیهاي اقتصادي آپاتیت غني از F، (F/Cl =1/8:0/6) است که منشاء اصلي REE را مي سازد . در کنار آپاتیت، مونازیت و آلانیت به مقدار کمتر شرکت دارند که حامل REE سنگین آپاتیت بافق هستند .

در زمین شناسي و کاني شناسي کاربرد واژه عناصر نادر خاکي (با علامت اختصاري REE) غالباً به Y و لانتانیدها محدود مي شود . این عناصر معمولاً به دو گروه تقسیم مي شوند : گروه

Archive of SID

www.SID.ir

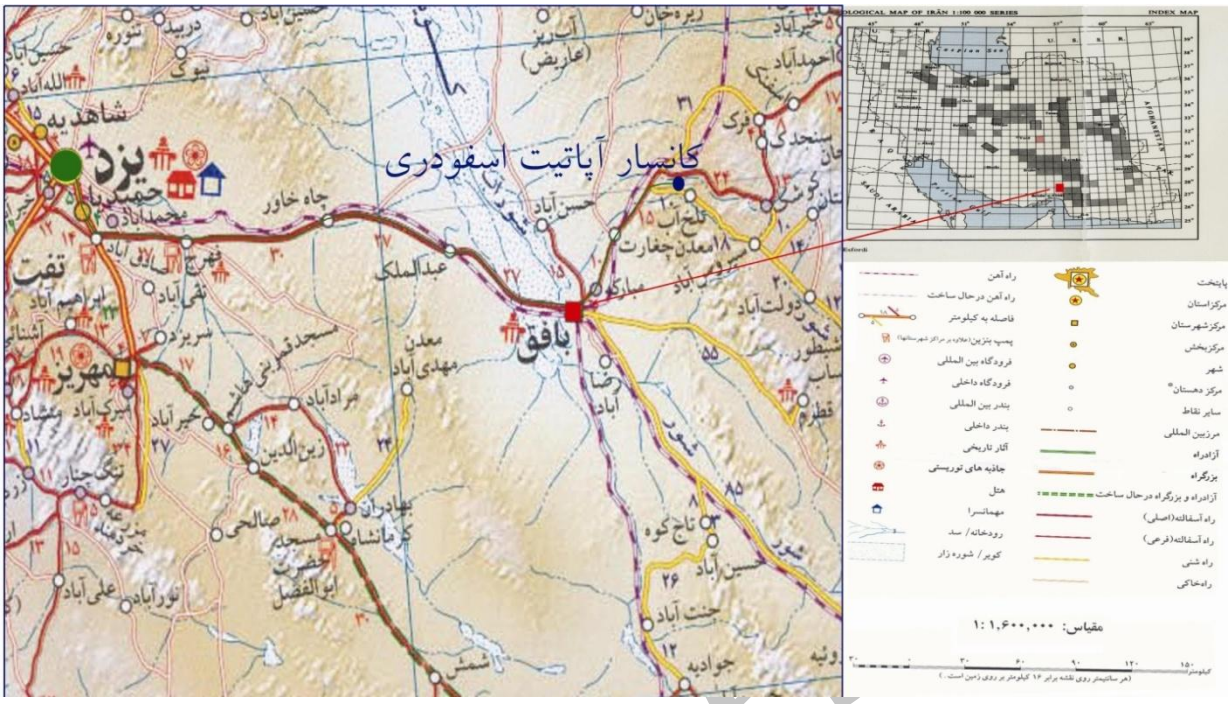
Ce (گروه عناصر خاكي سبک LREE) شامل عناصر La تا Eu و گروه Y (به جز Y عناصرخاكي سنگين HREE) شامل عناصر Gd تا Lu مي باشند . تا كنون 300 كاني از اين گروه شناسايي شده كه از لحاظ معدني و صنعتي تنها 20 كاني واجد معيارهاي اقتصادي مي باشند (خاكزاد، 1385) . كانسارهاي اين گروه در فرآيندهاي متفاوت ماگماتيک، دگرگوني و حتي رسوبي و غالباً در پديده هاي پست ماگماتيسم، خصوصاً در نوع آلكالن، شكل مي‌گيرند كه در اكتشاف همچون كليدي موثر قابل استفاده است . در حال حاضر بازار مصرف و ابداع تركيبات جديد اين مواد از رونق خاصي برخوردار است كه نقش ويژه اي را در صنعت ايفا مي كند . سوال اصلي اين تحقيق در رابطه با بررسي انواع عناصرنادرخاكي (REE) و اينكه مجموع و مقدار آنها از نظر زمين شناسي اقتصادي قابل استحصال مي باشندياه، مي باشد چنانچه جواب مثبت بود در آينده مي توان اين عناصرنادرخاكي را از كنسانتره آپاتيت استحصال نمود ؟

موقعيت جغرافيايي و شرايط جوي منطقه بافق و معدن اسفوردي

شهر بافق در بخش مركزي شهرستان بافق استان يزد قرار گرفته است . اين شهرستان در فاصله 120 كيلومتري جنوب شرق شهرستان يزد به مختصات جغرافيايي طول ´24-55° و عرض ´31- 35°، در ارتفاع 995 متر از سطح دريا و در چهار راه بين المللي خطوط راه آهن جنوب – شمال و شرق به غرب آسياي ميانه، آبهاي گرم خليج فارس، اروپا، خاوردور قرار گرفته و محل تقاطع دو مسير اصلي خط آهن ايران است. خط آهن مشهد- بندرعباس و تهران- كرمان در بافق از هم مي‌گذرند. از مشرق با شهرستان طبس و از جنوب با استان كرمان هم مرز است. كانسار اسفوردی در 36 كيلومتری بافق واقع شده است (تقی پور و همكاران، 1381) .

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (1) : نقشه راههاي ارتباطي معدن آپاتيت اسفوردي

مجموعه و نوع کانيهاي F-P-REE

دليران (2005) اثبات کرد مواد فرار بيشتر در ساختمان کانه هاي آهن و سنگ هاي حاوي آپاتيت اندوخته شده اند . نهشته هاي کانه هاي آهن و سنگ هاي ماگمايي حمل کننده آپاتيت نشانگر تغيير کاني سازي و تشکيل کمپلکس از فرآيندهاي هيدروترمال و متاسوماتيک است . در اغلب نهشته ها سنگ هاي ماگمايي غني از آپاتيت بين پيکره کانه هاي آهن به وجود مي آيند و آپاتيت با کاني هاي آهن همرشدي پيدا مي کند جائيکه تشکيل يکسان سنگهاي ماگمايي غني از آپايت کمتر اتفاق مي افتد. در اغلب نهشته ها سنگ هاي ميزبان شديداً دگرگون شده اند که نشان مي دهد فرآيندهاي ماگمايي و يا هيدروترمال در ساختار آنها وارد شده است. براساس شکل هندسي کانه ها و ارتباط بين سنگ ميزبان و ترکيب کانه ها و کانيهاي دگرگون شده مدل کاني سازي اسفوردي به شرح زير است :

نوع ماگمايي غني از آپاتيت حرارت بالا : شامل کانه هاي ماگمايي آپاتيت و سنگ هاي ماگمايي حاوي آپاتيت. مثال اين نوع نهشته هاي چغارت، و زريگان است . کاني هاي اوليه اين مجموعه فاقد سيليکاتهاي آبدار و کانيهاي فسفات آبدار مي باشد وسنگ هاي غني از آپاتيت به شکل دايک هاي گوناگون و هاله هاي متاسوماتيک در زون هاي خرد

Archive of SID

www.SID.ir

شده نهشته هاي كانه هاي آهن به شكل سنگ هاي لايه اي به و جود آمده اند . آپاتيت به صورت كريستالهاي پگماتوئيدال بلند (تا 30-20 سانتي متر) كه معمولاً تكه تكه و تخريب شده اند، شكل مي گيرند . تركيب كاني شناسي سنگ هاي حمل كننده آپاتيت بين كانه هاي ماگمايي – آپاتيت و سنگ هاي متداول ماگمايي با اثر زياد متاسوماتيسم/ هيدروترمال تغيير مي كند . فقط مقدار كمي از نهشته ها داراي نهشته هاي يكسان ماگمايي غني از آپاتيت بدون كانه آهن هستند . سنگهاي غني از آپاتيت از كانيهاي فسفات (آپاتيت و مونازيت)، سيليكاتها (پيروكسن نوع ديوبسيد، گارنت نوع آندراديت، آمفيبول اساساً نوع هورنبلند)، كلسيت و اكسيد آهن (مگنتيت و هماتيت) تشكيل شده اند . اين نوع به زير مجموعه دماي بالا با كاني هاي بدون آب شامل كاني REE مونازيت و زير مجموعه دماي پايين با سيليكاتهاي آبدار متداول حاوي كاني REE آلنيت تقسيم مي شود . كانه اصلي مگنتيت و هماتيت است و به صورت فرعي هماتيت ثانويه (مارتيت) به وجود مي آيد . مگنتيت به اندازه هماتيت اوليه داري كمي وانا ديوم (V_2O_3=<1%) و تيتانيوم (TiO_2=2-3%) مي باشد. تيتانيوم به صورت محلول جامد در مگنتيت و به صورت اكسولوشن در شبكه ايلمنيت به وجود مي آيد . كانيهاي سولفيد (پيريت و كالكوپيريت) نادرند و تنها به مقدار بسيار كم در اواخر مرحله فرايند تشكليل كانه به وجود مي آيند . مانند نهشته هاي چغارت، چادرملو، لكه سياه، زريگان و نهشته هاي گزستان .

شيمي كاني فسفات و كانيهاي REE

كانيهاي اقتصادي آپاتيت غني ازF، (F/Cl =1/8:0/6) است كه منشاء اصلي REE را مي سازد . در كنار آپاتيت، مونازيت و آلانيت به مقدار كمترشركت دارند كه حامل REE سنگين آپاتيت بافق هستند . نرمال كردن REE آپاتيت بافق نشان مي دهد كه آنومالي قطعي منفي Eu مشابه كانه هاي نوع كيرونا است . غني شدگي در REE سبك بر اثر تركيب سيال كانه دار بافق است . ويژگي خاص آن حضور غالب عناصر نادرخاكي سبك، مونازيت وآلانيت، درحاليكه كانيهاي REE سنگين غالب به نظر مي رسيدند، است.

كاني شناسي

تاكنون در حدود 300 كاني از انواع عناصر نادرخاكي مورد شناسايي قرارگرفته است كه از اين تعداد فقط 20 كاني از ديدگاه اقتصادی، واجد معيارهای لازم می‌باشند كه

Archive of SID

www.SID.ir

مهمترین آنها عبارتند از (خاکزاد، 1385):

جدول 1- مهمترین کانیها عناصر نادرخاکی

Monazite	$(CePo_4)$
Xenotite	$Y\ Po_4$
Churchite	$CeF(Po_4)_2,2H2o$
Bastnasite	$CeFCo_3$
Yttrosynchysite	$Ce_2Ca(Co_3)_2Fe_2$
Loharite	$YCa(Co_3)_2Fe_2$
Prochlore	$(Ce,Na)(Ti,Nb,Ta)O_3$
Fergeesonite	$(Na,Ca,Ce)_2Nb_2O_6F$
Samarskite	$(Y,Ce,U,Ca)(Nb,Ta,Ti)_2O_6$
Euxenite	$(Y,Ce,U,Ca)(Nb,Ta,Ti)_2O_6$
Apatite	$(Y, Ca,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti)_2O_6$
Cerite	$CaCe_6Si_3O_{13}$
Fluocetite	CeF_3
Branerite	$(U,Ca,Fe,Y,Th)^3(Ti,Si)_5O_{16}$
Gadolinite	$Be_2,FeY_2Si_2O_{10}$
Zircon	$(Zr,Th,Y,Ce)SiO_4$

ازمیان کاني هاي فوق، سه کاني بستناسیت، مونازیت و گزنوتیم فراواني بیشتري داشته و عناص نادرخاکي سبک اکثراً در کاني بستناسیت و عناصر سنگین تر در مونازیت و گزنوتیم، تجمع مي یابند. به قسمي که کاني نخست در سنگهاي سینیتي تحت اشباع و دو کاني بعدي غالباً در گرانیتها، تمرکز مي یابند. بر حسب توزیع عناصر نادر خاکي، کانیهاي این عناصر را مي توان به سه دسته تقسیم کرد:

نوع اول که در آنها عناصر کوچکتر گروه عناصر نادرخاکي Y قراردارند. نوع دوم که عناصرنادرخاکي بزرگتر گروه سریم هستند و نوع دیگرکه ساختارهاي بلوري آنها، خاکهاي کمیاب گروه Yو گروه Ce را مي پذیرد که از کانه هاي آن میتوان به گادولینیت ایتریوم دار $(Y_2FeBe_2Si_2O_{10})$ و گادولینیت سریم دار $(Ce_2FeBe_2Si_2O_{10})$ اشاره نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

طبقه بندي كانسارهاي عناصر نادرخاكي

عليرغم اينكه از زواياي مختلف، طبقه بندي هاي متنوعي در مورد كانسارهاي اين عناصر توسط محققين وضع گرديده است، ليكن تمامي اين طبقه بندي ها بر اين نكته اتفاق نظر دارند كه اين كانسار ها را مي توان به دو گروه عمده دروني، بيروني و دگرگوني دسته بندي نمود .

1. كاني سازي دروني (آذرين و گرمابي) :

بزرگترين كانسارهاي عناصر نادرخاكي غالباً در كربناتيت ها و سنگهاي آلكالن يافت مي شوند، كه منشاء اين گونه سنگها را از ذوب مانتل فوقاني دانسته اند . عناصرنادرخاكي موجود در پگماتيت ها را از نظر زايشي مي توان به گرانيتوئيد ها و كاني سازي گرمابي اين عناصر را گرانيت هاي آلكالن، نفلين سينيت، سينيت هاي آلكالن و شونكينيت ها منتسب دانست كه در هر صورت انواع دروني آن عبارتند از :

1-1 – كمپلكس هاي اولترا بازيک آلكالن :

عناصر نادرخاكي دراين كمپلكس ها معمولاً به صورت كاني هاي منفرد و پراكنده يافت مي شوند

1-2- كربناتيت ها :

اين سنگها منشاء ماگمايي داشته و معمولاً از عناصر نادر خاكي سبک به استثناء عنصر Eu غني مي باشند .

1-3- متاسوماتيت ها :

معمولاً ماسوماتيت ها به طور محلي حاوي مقادير متنابهي از انواع مختلف عناصر نادر خاكي مي باشند كه همراه با مجموعه اي از كانيهاي Be , Zr , Th , Nb يافت مي شوند .

1-4- پگماتيت ها :

كاني هاي عناصر نادر خاكي به صورت فرعي در بسياري از پگماتيت هاي حاوي عناصر كمياب، خصوصاً نوع گرانيتي آن، مشاهده مي گردد

1-5-كاني سازي گرمابي :

كانسارهاي گرمابي كه حاوي عناصر نادر خاكي به صورت كربنات، فلوئوركربنات، فلوئوريدها، فسفات ها و سيليكاتها مي باشند، در كمربندهاي كوهزايي گسترش دارند .

كاني سازي بيروني (رسوبي) و دگرگوني:

2-1- كانسار هاي پلاسري :

يكي از منابع مهم عناصرنادرخاكي كاني هاي مونازيت و گزنوتيم به شمار مي آيند .

2-2- كانسار هاي رسوبي :

ممكن است بعضي از سازندهاي رسوبي نظير شيل هاي سياه، رس هاي بادي، مارنهاي سياه، آسفالت، نفت، ذغال و غيره به عنوان منابعي از

Archive of SID

www.SID.ir

عناصر نادر خاكي مورد توجه و ارزيابي قرار گيرند (محبعلی، 1384).

2-3- كاني سازي دگرگوني:

كانسارهاي نوع دگرگوني در آتيه نه چندان دور، احتمالاً جايگاه پر اهميت را در بين ساير كانسارها به خود اختصاص خواهند داد. زيرا علاوه بر وجود عناصر نادر خاكي، حجم بزرگ اين توده ها ونيز حضور عناصري چون Au , Ge , Mo , V , U بر هر چه اقتصادي تر شدن اين كانسارها مهر تائيد خواهد زد.

كاربرد عناصر نادر خاكي

كاربرد عناصر نادر خاكي دامنه وسيعي دارد. علاقه استفاده از عناصر نادر خاكي به سال 1883 برمي گردد. قديمي ترين استفاده اي كه از اين عناصر شده است در ارتباط با تصفيه نفت خام بوده است (محبعلي 1385). كاربرد عناصر نادر خاكي درافزودني ها و آليازها از 75% در دهه 1950 به 30% در دهه 1980 كاهش داشته است (Donald D.Carr.1994) و بيشترين كاربرد عناصر نادر خاكي مربوط به مبدل هاي كاتاليزوري اتومبيل ها در سال 2005 است (WWW. USGS. gov). از جمله كاربردهاي روزمره آن باتري هاي قابل شارژ تلفن همراه يا سوپر آلياژ هاي مورد استفاده در صنعت هوا فضا مي باشند. در زير تعدادي از كاربردهاي عناصر نادر خاكي آمده است:

1. كاتاليزور:

از قديم نيمي از REE توليد شده به عنوان كاتاليزور در صنعت نفت و صنعت مبدل هاي اتومبيل استفاده مي شده است (www. gwmg. ca). REE هاي مختلف جزء ضروري كاتاليزور شكافنده نفت مايع و كاتاليزور برگرداننده كنترل آلودگي مبدل هاي اتومبيل است (www.usgs.gov).

2. آهنربا هاي دائمي:

يكي از موارد مصرف REE در صنعت آهنربا هاي دائمي است. خاصيت مغناطيسي عناصر نادر خاكي قوي ترين مغناطيس پايدار است (www.gwmg.ca). تكنولوژي آهنرباهاي پايدار با آليژهاي حاوي Nd,Sm,Gd,Dy,Pr تغييرات اساسي حاصل كرد. آهنرباهاي عناصر نادر خاكي كوچك، سبک و بادوام هستند و اجازه فشرده سازي در تركيبات الكتريكي و الكترونيكي زيادي كه در وسايل ولوازم صوتي و تصويري، كامپيوتر ها، اتومبيل ها (استفاده از مگنت هاي REE وزن اتومبيل را كاهش مي دهد)، سيستم هاي

Archive of SID

www.SID.ir

ارتباطي و تجهيزات نظامي كاربرد دارند را مي دهند . بسياری از تكنولوژيهاي اخير كه از اين امتياز بهره برده اند (مثل فشرده سازي درايو هاي ديسك چند گيگابايتي، DVD درايوها) بدون آهن ربا هاي REE به وجود نمي آمدند (WWW. USGS. gov).

3. باتري هاي قابل شارژ :

در كاربردهاي گوناگون عناصر نادرخاكي، اين عناصر به خاطر مسموميت نسبتاً كمتر شان با صرفه ترند. براي مثال بيشترين نوع باتري هاي قابل شارژ متداول داراي كادميوم يا سرب هستند . باتري هاي قابل شارژ لانتانيوم- نيكل -هيدريد (La-Ni-H) به تدريج جايگزين باتري هاي Ni-Cd در كامپيوتر ها و ابزار ارتباطي مي شوند و سرانجام جايگزين باتري هاي سرب – اسيد در اتومبيل ها مي شوند . اگرچه باتري هاي La-Ni-H خيلي گران هستند تراكم انرژي بيشتري ارائه، ويژگي دشارژ بهتر و مشكلات بازگشت يا انتقال در محيط زيست كمتري دارند (WWW. USGS. com).

4. فسفرهاي عناصر نادر خاكي براي لامپهاي روشنايي و تلويزيونها، كامپيوترها، رادار و تقويت فيلمهاي X- Ray :

REE ها در صفحه تلويزيون، مانيتورهاي كامپيوتر و ديگر صفحات نمايش نيز اهميت دارند كه در آنها تكنولوژيهاي لوله اشعه كاتد (CRT)، LCD يا قطعه نمايش پلاسما به كار رفته است . رنگ هايي كه در صفحه نمايش ديده مي شوند از فسفرهايي كه داراي يوروپيوم، ايتريوم و تربيوم است، به وجود مي آيند . شيشه صفحه نمايش كه داراي سريم و ايتريوم است بوسيله سريم و لانتانيوم پوليش زده شود و بخش الكترونيكي شامل نئوديميوم و ميكروچيپ ها با سريم پوليش زده مي شود (www. gwmg. ca).

5. پودرهاي پوليش شيشه و سراميك

اكسيد سريم عامل پوليش بي نظيري براي شيشه است . عمل پوليش با CeO_2 بستگي به تركيب فيزيكي و شيميايي، شامل دو حالت اكسيداسيون متداول سريم Ce^{3+}, Ce^{4+} در محلول آبي دارد .

عملاً محصولات شيشه پوليش داده شده از آينه هاي معمولي و شيشه هاي عدسي تا لنزهاي مخصوص كارهاي دقيق است كه با CeO_2 پوليش داده شده اند (WWW. USGS. com).

Archive of SID

www.SID.ir

6. سوپر آلياژها، ليزرها، سوپر ناقل ها و..:

بر اساس (www.gwmg.ca) در كاربرد هاي متالورژيكي نيز تقاضاي REE رشد دارد در اين شاخه كاربرد عناصر نادر خاكي براي توليد موارد زير مي باشد :
سوپر آلياژها، در صنعت ساختمان سازي و هوا فضا، ليزرهاي پزشكي و دندانپزشكي، سوپر ناقل ها،بعضي از انواع كود ها، فيبر نوري و ذره بين، ممانعت كننده خوردگي .

7. خنك كننده مغناطيسي :

شش يون REE از Gd^{3+} تا Tm^{3+} داري گشتاور مغناطيسي بزرگ به علت و جود الكترون هاي جفت نشده مختلف هستند. آلياژهاي جديد ($Gd(SiO_2Ge_2)$) با بازتاب انرژي مغناطيسي بالا، اجازه رقابت خنك كننده هاي مغناطيسي با خنك سازهاي با تراكم گاز كنوني را خواهد داد. اين تكنولوژي جديد در يخچال ها، فريزرها، مرطوب كننده هاي هواي مسكوني، تجاري و محرك هاي خودكار به كار رفته است . خنك كننده هاي مغناطيسي به طور قابل ملاحظه اي مؤثرتر از خنك كننده هاي تراكم گاز هستند و نيازي به خنك كن هاي قابل اشتعال و سمي كه لايه ازن را از بين مي برند يا به پديده گرم شدن جهاني كمك مي كنند، ندارند .
كاربرد وسيع تكنولوژي خنك سازي مي تواند به ميزان قابل توجهي از اتلاف انرژي جلوگيري و انتشار Co_2 را كم كند . جدول زير به اختصار درصد تقاضاي REE ها و كاربرد آنها را در سال 2005 نشان مي دهد (WWW. USGS. gov) :

جدول 2- درصد تقاضاي REE و كاربرد آنها در سال 2005

كاربرد	2005 (%)
مبدل هاي كاتاليزوري اتومبيل ها	23
آلياژها و مواد افزودني متالورژي	21
پوليش شيشه و سراميك	14
فسفرهاي عناصر نادر خاكي در صفحه نمايش	10
كاتاليزور هاي تصفيه نفت	8
آهنربا هاي پايدار	2

Archive of SID

www.SID.ir

ديگر كاربردها	13
جمع	100

بررسي عناصرنادرخاكي كانسار آپاتيت اسفوردي

با توجه به فعاليت هاي اكتشافي انجام شده در گذشته توسط شركت هاي دولتي وخصوصي برروي كانسار آپاتيت اسفوردي، ابتدا نسبت به جمع آوري اطلاعات موجوددرگذشته اقدام گرديد. آنچه مسلم است بر اساس مطالعات محبعلي (1384) عناصر نادر خاكي بيشتر با توده هاي آهن- آپاتيت دار همراه مي باشد. در نتيجه در چهار چوب مطالعات انجام شده در معدن اسفوردي به منظور بررسي عناصر نادر خاكي در اين كانسار اقدام به نمونه گيري به صورت سيستماتيک گرديد. سپس نمونه براي انجام آناليزهاي XRD و ICP.MS. به آزمايشگاه هاي مربوطه فرستاده و نتايج آنها جهت بررسي كاني زايي و كاني شناسي REEتوزيع آنها در سطح و در صورت امكان در عمق مورد مطالعه قرار گرفتند.

بررسي اوليه نتايج :

مطالعات اوليه بر روي نتايج آناليزها شامل موارد زير است :

در مرحله اول ميانگين حسابي و همچنين ميانگين حسابي كل عناصر نادر خاكي در هر كد نمونه و كل نمونه ها محاسبه شد . پس از آن براي اولويت بندي اين عناصر، آنهايي كه ميانگين حسابيشان از عدد 300PPm بيشتر بود به عنوان اولويت هاي برتر براي ادامه كار انتخاب شدندكه در جدول3 آمده است.

جدول 3- عناصر اولويت دار براى انجام تحقيقات

رديف	نام عنصر	ميزان عنصر در كل نمونه ها (PPm)	ميانگين حسابي كل(PPm)	كلارک
1	Pr	21633	309	8/2
2	Y	54384	777	33
3	La	73007	1043	30
4	Nd	83865	1198	28
5	Ce	181500	2593	60

ضريب همبستگي عناصر :

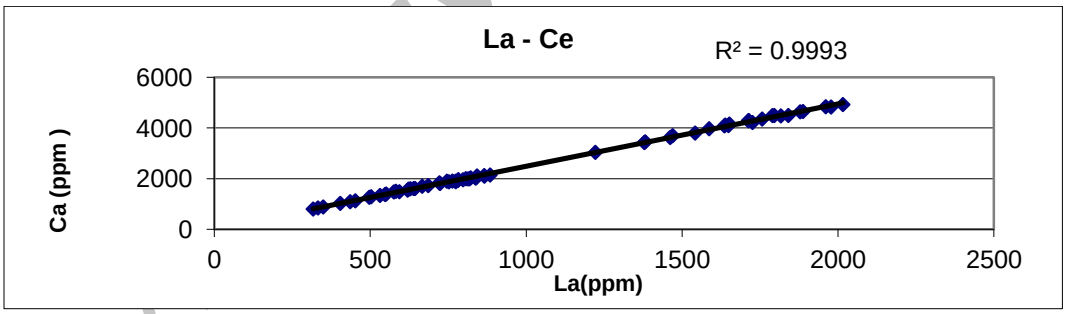
در بررسي دو متغيره همبستگي بين متغير ها با

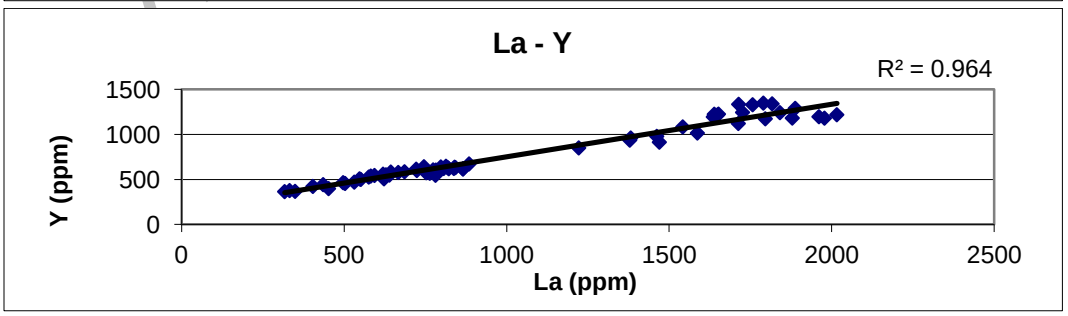
Archive of SID

www.SID.ir

عددي به نام ضريب همبستگي نشان داده مي شود. ضريب همبستگي نشانگر ارتباط همسوي دو متغير a وb، افزايش يا كاهش خمسوي دو متغير، يا ارتباط غير همسوي آندو مي باشد . در حالت اول همبستگي مستقيم و در حالت دوم همبستگي معكوس است . ضريب همبستگي عددي بين 1 - و 1+ است كه عدد 1 بيانگر همبستگي كامل مستقيم، صفر بيانگر عدم همبستگي و 1 - بيانگر همبستگي كامل معكوس مي باشد . ضريب همبستگي از درجه اعتبار و سطح معني داري برخوردار هستند. درجه اعتبار در ضريب همبستگي به تعداد نمونه ها بستگي دارد هرچه تعداد نمونه ها بيشتر باشد، ضرايب همبستگي از درجه اعتبار بيشتري برخوردار مي باشد . سطح اعتماد به صورت درصدي بيان مي شود . با توجه به نمودارهاي همبستگي عناصر (شكل 2) به علت قرار گرفتن نقاط در اطراف خط و يا روي خط Corrlation نتايج زير بدست آمد :

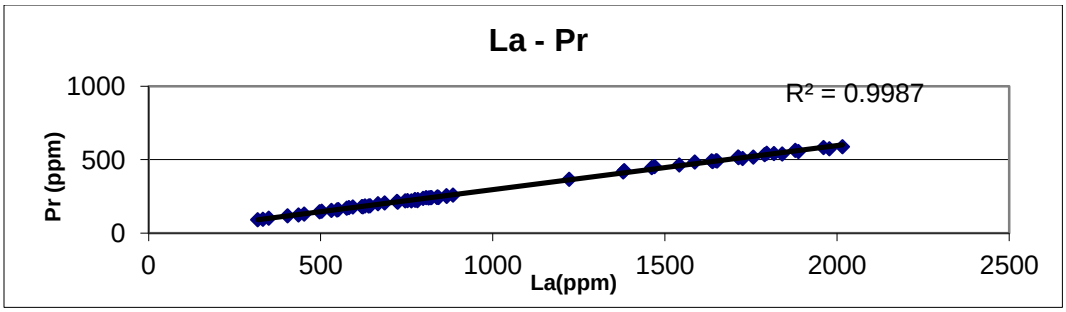
La – Ce : 0/99 : همبستگي مثبت، La – Pr : 0/99 : همبستگي مثبت، La – Y : 0/98 : همبستگي مثبت، La – Nd : 0/99 : همبستگي مثبت، Ce – Pr : 0/99 : همبستگي مثبت، Ce – Y : 0/98 : همبستگي مثبت، Ce – Nd : 0/99 : همبستگي مثبت، Pr –Y : 0/98 : همبستگي مثبت، Pr – Nd : 0/99 : همبستگي مثبت، Y – Nd : 0/98 : همبستگي مثبت .

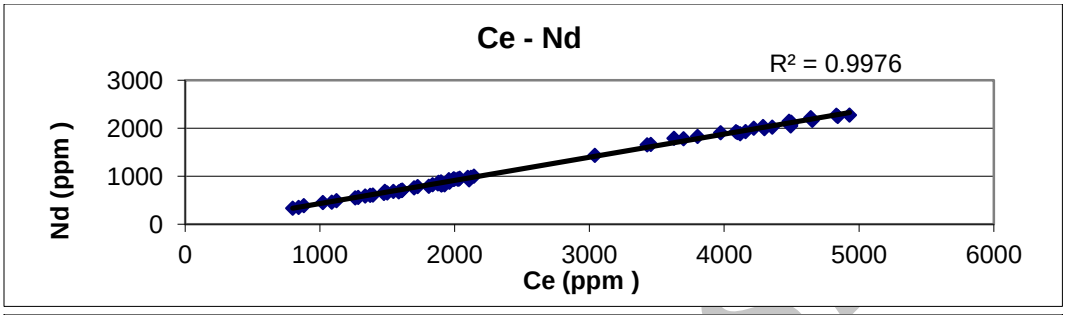


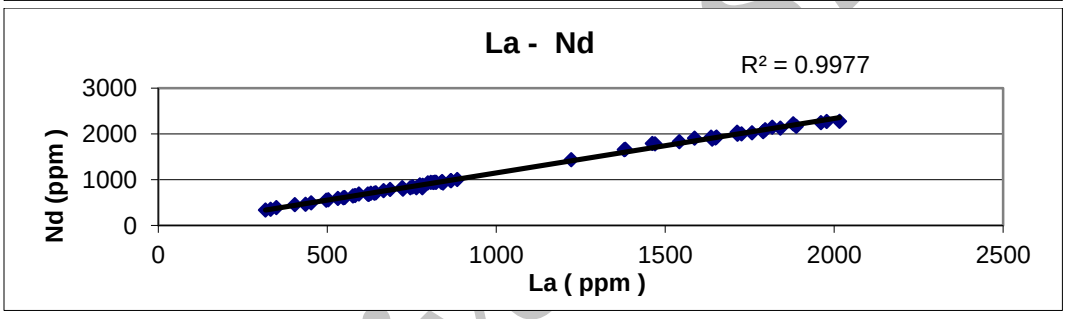


Archive of SID

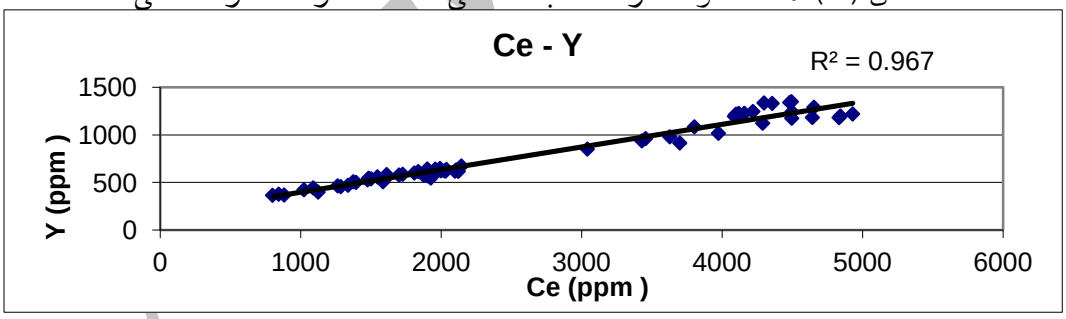
www.SID.ir

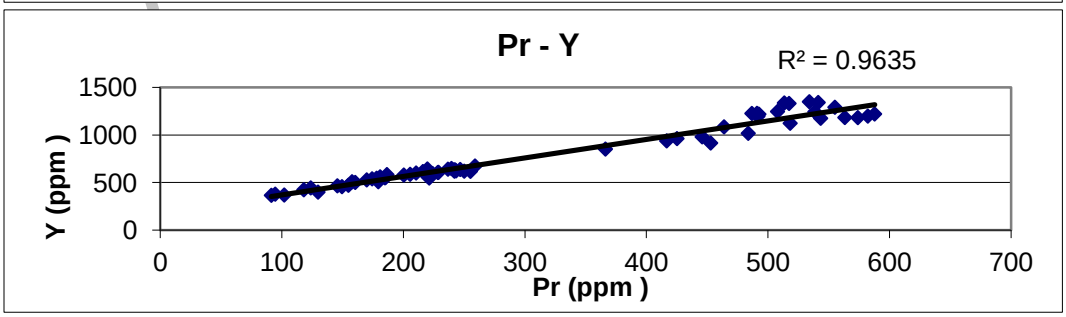




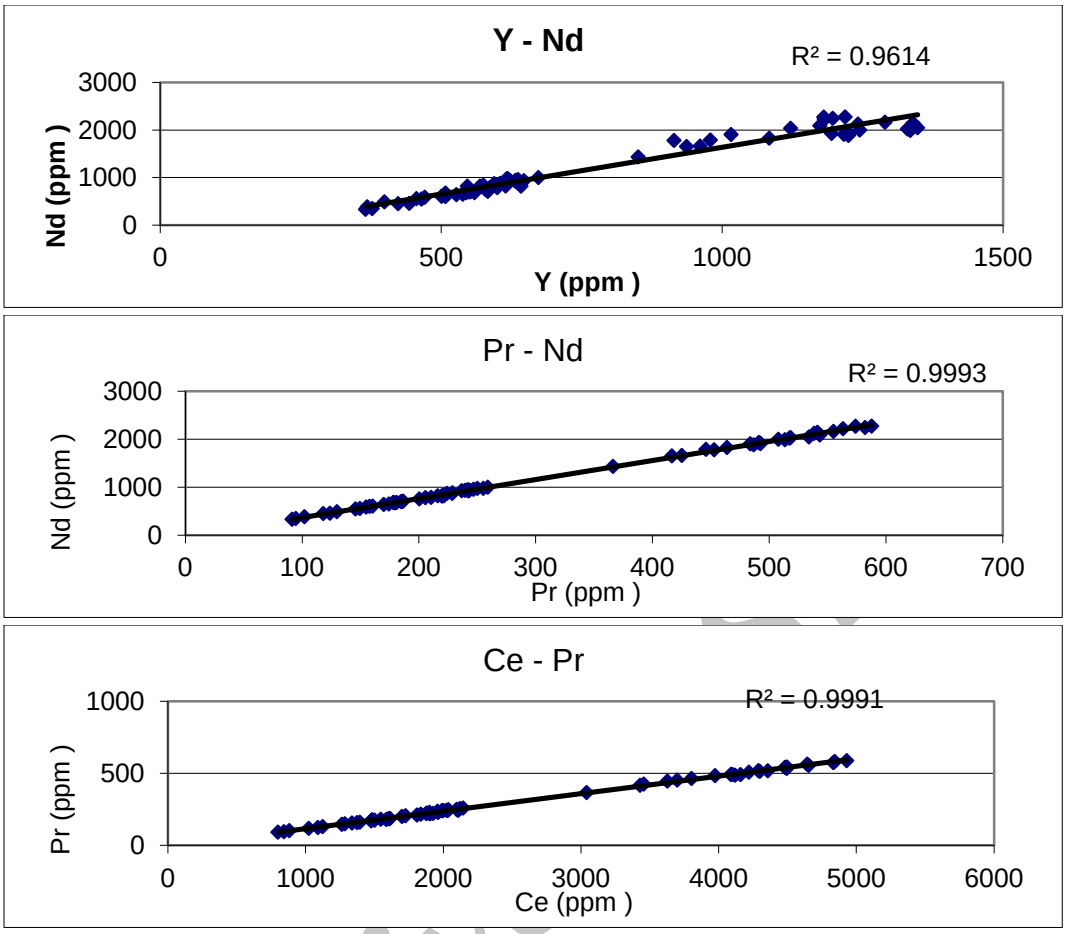


شکل (2) : نمودار همبستگی عناصر نادر خاکی





www.SID.ir



شکل (2): نمودار همبستگی عناصرنادرخاکی

بررسي توزيع عناصرنادرخاكي سبک وسنگين در منطقه مطالعاتي

هرگروه از عناصر نادر خاكي سنگين و سبک در نمونه هاي آزمايشگاهي به طور مجزا مورد بررسي قرارگرفتند كه در جدول زير ميزان كل عناصرنادرخاكي سبک و سنگين و نسبت عناصر نادر خاكي سبک به عناصرنادرخاكی سنگين و برعكس در هرگرونه نمونه آورده شده است.

نمونه	HREE	LREE	HREE/LREE	LREE/HREE
CA	89/95	1393/51	0/08	15/49
PW	43/86	650/59	7/07	14/83
DC	96/74	1420/09	7/07	14/68
OS	48/28	687/25	7/07	14/23

Archive of SID

www.SID.ir

FW	39/87	537/66	7/07	13/48
WR	32/90	421/79	0/06	12/82
جمع	351/61	5110/88	7/07	14/54

بررسي كاني زايي و كاني شناسي عناصرنادرخاكي در منطقه مطالعاتي

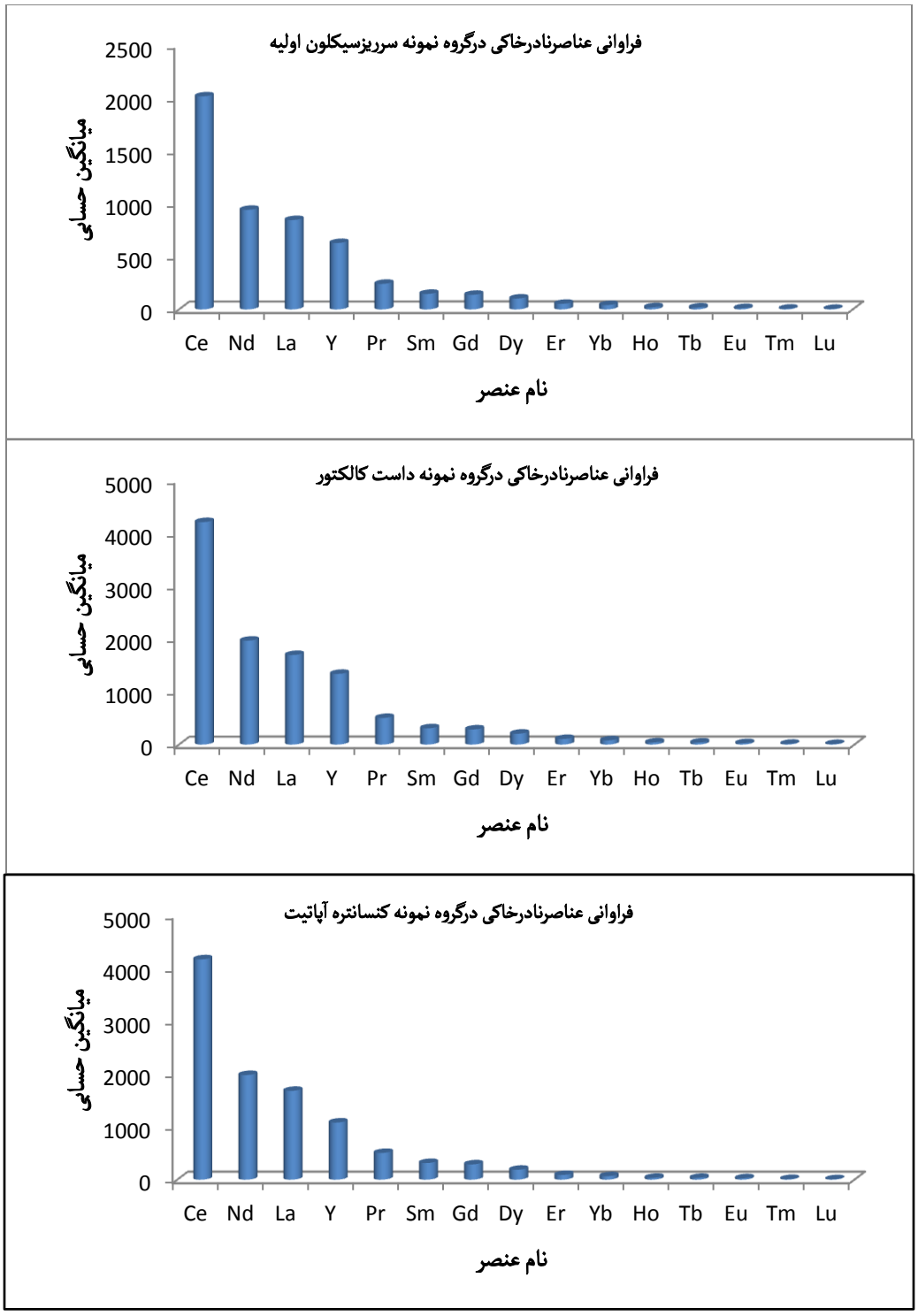
ابتدا خاک ورودي کارخانه که معرف کاني شناسي معدن آپاتيت اسفوردي است از سيکلون اوليه وارد سيستم فرآوري مي شود اولين نمونه گيري از اين قسمت انجام شد که نماينده کل معدن باشد . حين عمليات فرآوري دو نوع باطله حاصل مي شود : باطله رافرآپاتيت که حاصل از فرآوري ماده معدني (آپاتيت) است و باطله نهايي که حاصل جمع باطله رافر و باطله اي است که در پايان کار از کارخانه خارج مي شود .

حين عمليات فرآوري دست کالکتور (غبار گير خشک) آنچه از خاک و ماده معدني را که در هوا به صورت گردو غبار پراکنده است جمع کرده وبه صورت جداگانه اي نگهداري مي شود .

نمونه هاي مراحل فوق به صورت جداگانه مورد آزمايش XRD قرارگرفتند که نتايج آن درجدول 5 آمده است:

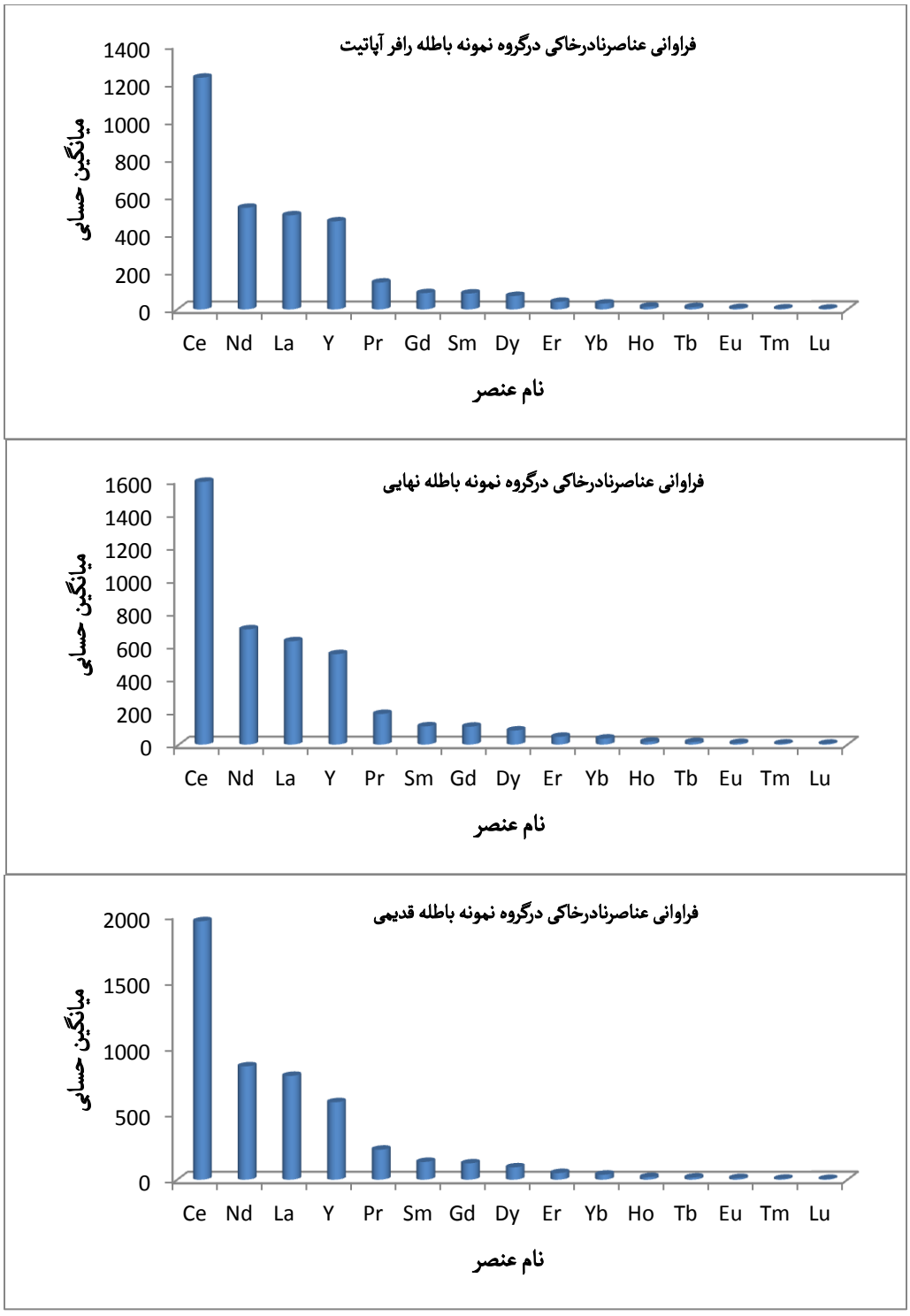
Archive of SID

www.SID.ir



شکل (3): نمودارهای فراوانی عناصرنادرخاکی درهر گروه نمونه

www.SID.ir



شکل(3) : نمودارهای فراوانی عناصرنادرخاکی درهر گروه نمونه

جدول 5- نتایج آنالیز XRD

نمونه	نام کانی

www.SID.ir

خاک ورودی به کارخانه (میانگین خاک معدن)	فلوئور آپاتیت	کوارتز	هماتیت	تالک	کلسیت	شابازیت	آنکریت	کلینوکلر	_	_
داست کالکتور	فلوئور آپاتیت	کوارتز	هماتیت	شابازیت	تالک	آنکریت	کلسیت	کلینوکلر	گوتیت	_
کنسانتره آپاتیت	فلوئور آپاتیت	کوارتز	هماتیت	کلسیت	تالک	شابازیت	آنکریت	کلینوکلر	_	_
باطله رافر	هماتیت	کوارتز	فلوئور آپاتیت	کلیست	کردیریت	آنکریت	روتیل	شابازیت	کلینوکلر	دول
باطله نهایی	هماتیت	کوارتز	فلوئور آپاتیت	کلیست	روتیل	کردیریت	آنکریت	شابازیت	تالک	کلی
باطله قدیمی	فلوئور آپاتیت	کوارتز	هماتیت	مگنتیت	کلسیت	تالک	آنکریت	روتیل	شابازیت	کلی

نتایج بررسي عناصرنادرخاکي در کانسارآپاتیت اسفوردي

با توجه به این مسئله که موضوع اصلي این پایان نامه بررسي کمي و کیفي عناصرنادرخاکي درمعدن و مراحل اصلي فرآوري آپاتیت بوده و با درنظرگرفتن نتایج حاصل از مطالعات آنالیزهاي ICP. Ms در آزمایشگاه ACM. LAB کانادا نتایج ذیل به دست آمد :

1. مقدار عناصر نادر خاکي سبک بیشتر از عناصر نادر خاکي سنگین است به جز عنصر Eu .

2. روند فراواني عناصر در تمام گروه نمونه ها تقریباً یکسان و بیشترین عناصر به ترتیب سریم، نئودیمیوم، لانتانیوم، ایتریم و پراسئودیمیم است . کمترین عناصر لوتتیوم، تولیوم و اوروپیوم هستند .

3. درصد وتناژ عناصرنادرخاکي سبک و سنگین درنمونه هاي برداشت شده در جدول 6 آمده است.

با توجه به اینکه تولید سالیانه کنسانتره آپاتیت 103000 تن است،تناژ عناصرنادرخاکی سبک 143/17، عناصرنادرخاکی سنگین 9/27 و تناژ کل عناصرنادرخاکی 566/5 تن در کنسانتره آپاتیت می باشد.

جدول 6- درصد وتناژ عناصرنادرخاکي سبک وسنگین

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه	%HREE	%LREE
CA	0/0009	0/139
PW	0/004	0/065
DC	0/01	0/142
OS	0/005	0/069
FW	0/004	0/054
WR	0/003	0/042
جمع	0/035	0/51
جمع کل	0/55	

نتايج بررسي كاني زايي عناصرنادر خاكي در كانسار آپاتيت اسفوردي

1. كانيهاي روتيل، دولوميت، اولوين و كرديريت حين عمليات فرآوري از خاک جدا مي‌شود.

2. همچنان كه انتظار مي رفت فلوئور آپاتيت بيشترين فراواني را در كنسانتره و خاک ورودي، كوارتز رده دوم و هماتيت رده سوم را دارد .

3. در خاک ورودي تالک بيشتر از كلسيت بوده ودر كنسانتره برعكس اين عمل اتفاق افتاده است . يعني در كلسيت غني سازي صورت گرفته است . و چون عناصر نادر خاكي ميل تركيبي شديد با آنيون هاي $(CO_3)^{2-}$ نشان ميدهند، حائز اهميت است.

4. تالک بيشتر از كلسيت حين باطله گيري از كنسانتره جدا مي شود.

5. ميزان روتيل در باطله نهايي بيشتر از باطله رافر است، بنابراين مقداري روتيل قبل از تهيه كنسانتره از خاک ورودي جدا شده بوده است. كرديريت افزايش و آنكريت و كلينو كلر كاهش پيدا كرده اند.

6. در باطله هاي قديمي ميزان فلوئور آپاتيت بيشتراز هماتيت است كه بيانگر اين مسئله است كه فرايند تهيه كنسانتره در گذشته به خوبي صورت نگرفته است . همچنين ميزان تالک در باطله هاي قديمي

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتراز باطله های نهایی معدن است .

7. کانیهای مورد مطالعه را می توان به صورت زیر نیز طبقه بندی کرد :

جدول 8- نتایج مطالعات کانی شناسی در محدوده مورد مطالعه

گروه کانیهای مرتبط با REE	گروه کانیهای مربوط به کانسار آپاتیت	گروه کانیهای مربوط به سنگ دربرگیرنده	کانیهای آلترا سیون (کانیهای ثانویه)
فلوئور آپاتیت	فلوئور آپاتیت	کوارتز	دولومیت
مونازیت	مگنتیت	کردیریت	کلسیت
	هماتیت	روتیل	آنکریت
			کلینوکلر
			گوتیت

8. با توجه به اینکه حد تشخیص مطالعات XRD، 2%می باشد، بنابراین :

i. مقدار کانیهای REE دار کمتر از 2% است .

ii. با توجه به اینکه در حدودمجموع 0/55% REE داریم، درنتیجه کانی مونازیت بافرمول $(Ce,Y)PO_4$وجود دارد.

Archive of SID

منابع

-بهرامی، س. و هاشمی،ک، 1370، اکشتاف تکمیلی کانسار فسفات اسفوردی،

www.SID.ir

(فاز دوم) وزارت معادن و فلزات.
- تقی پور، ب. و نقره ئیان، م.و مکی زاده، ع،1381، یافته های نوین کانی شناسی برای ژنز اسکارنی بخشی از کانسار فسفات اسفوردی، بافق، استان یزد، دهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران.
-خاکزاد، ا.، 1385، ژئوشیمی خاکهای ناد و عناصر کمیاب، دانشگاه شهید بهشتی- دانشکده علوم پایه، (جزوه درسی دکترا)
-خاکزاد، ا.، 1385، عناصرنادرخاکی از منشأ تا مصرف، دانشگاه شهید بهشتی- دانشکده علوم پایه، (جزوه درسی دکترا)
-محبعلی، ا.، 1384، اکتشاف عناصر نادرخاکی در اسفوردی، پایان نامه کارشناسی ارشد
-نقشه کامل ایران، 1386، موسسه گیتاشناسی
- Darlin, F., 2005, Geology and metallogensis of the phosphate and rare earth elements resource of the Bafgh Iran-ore district, Central Iran.
- www.gwmg.ca
- www.usgs.gov

Archive of SID

www.SID.ir