

# فصل اول

## کلیات

## ۱- کلیات

### ۱-۱- مقدمه

زیرکن (ZrSiO<sub>4</sub>) فراوان‌ترین و مهم‌ترین کانی عنصر زیرکنیوم است. از این کانی، عنصر زیرکنیوم (فلز زیرکنیوم) و زیرکینا (ZrO<sub>2</sub>) استحصال می‌گردد. این کانی منحصرًا از نهشته‌های حاوی کانی‌های سنگین (Placer deposits) استحصال می‌گردد.

### ۱-۲- ویژگی‌های ژئوشیمیایی عنصر زیرکنیوم

عنصر زیرکنیوم به دلیل بار الکتریکی بالا (+۴) و شعاع نسبتاً بزرگ (۰/۷۹Å<sup>o</sup>)، در حین تفریق ماگمایی، از سایر عناصر اصلی سنگ‌های آذرین جدا شده و وارد کانی‌های معمول نمی‌گردد. این عنصر معمولاً در کانی زیرکن حضور می‌یابد. بطور معمول، کانی زیرکن در محصولات نهایی تفریق ماگمایی تشکیل می‌گردد، زیرا غلظت اولیه عنصر زیرکنیوم در ماگما، برای تشکیل زیرکن کافی نمی‌باشد. بار الکتریکی عنصر هافنیوم با عنصر زیرکنیوم یکسان بوده و شعاع آنها تقریباً مساوی است، لذا همیشه بصورت استتار شده در کانی زیرکن حضور دارد. نسبت Zr:Hf طی فرآیندهای تبلور تفکیکی، ثابت مانده و در حدود ۵۰ است. تفریق شدید می‌تواند منجر به غنی شدن Hf نسبت به Zr شود. علاوه بر این، عناصر اورانیوم (U) و توریم (Th) نیز معمولاً در ساختمان زیرکن وجود دارند و به همین دلیل در زمین‌زمان‌سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### ۱-۳- ویژگی‌های کانی‌شناسی زیرکن و بادلیت

عنصر زیرکنیوم به صورت سیلیکات زیرکنیوم یا زیرکن ( $ZrSiO_4$ ) و به مقدار کمتر به صورت بادلیت ( $ZrO_2$ ) در طبیعت وجود دارد. زیرکنیوم در حداقل ۲۰ کانی دیگر بصورت سیلیکات و اکسید و همچنین به همراه عناصر کمیاب در تعداد زیادی از کانی‌ها وجود دارد. در جدول ۱-۱ کانی‌های شاخص حاوی عنصر زیرکنیوم نشان داده شده، که از میان آنها فقط زیرکن و بادلیت از نظر اقتصادی حائز اهمیت‌اند. اگر چه نهشته‌هایی از ادیالیت نیز، مورد بررسی‌های اکتشافی قرار گرفته است. کانی زیرکن، همیشه حاوی عنصر هافنیوم (Hf) مرتبط به عنصر زیرکنیوم (Zr) است و معمولاً نسبت عنصر هافنیوم به عنصر زیرکنیوم حدود ۱ به ۵۰ می‌باشد. اگر چه زیرکن در برابر هوازدگی پایدار است ولی در اثر جانشینی عناصر توریم (Th) و اورانیوم (U) (معمولاً در غلظت‌های کمتر از ۵۰۰ ppm) به جای عنصر زیرکنیوم در شبکه زیرکن و یا محلول جامد، دچار تغییر در ساختار بلورین می‌گردد.

تابش ذرات آلفای ساطع شده از واپاشی رادیونوکلئیدها باعث آسیب شبکه بلوری زیرکن شده و در یک دوره زمانی بلند مدت، زیرکن به فاز آمورف، فاز متامیکت و گاهی اوقات به مالاگون تبدیل می‌گردد. این فرآیند به همراه آبگیری و کاهش وزن مخصوص، موجب تغییراتی در رنگ بلورها می‌گردد. تمامی این تغییرات با اعمال ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد حرارت به مدت ۳۰ دقیقه، قابل برگشت می‌باشند. جانشینی عناصری همچون آهن به شکل ناخالصی در شبکه بلوری زیرکن به همراه اثرات ناشی از پرتوافکنی رادیونوکلئیدها نیز می‌تواند موجب تغییر رنگ بلورهای زیرکن گردد. این اثرات موجب پدید آمدن رنگ‌های نارنجی مایل به قرمز و مایل به قهوه‌ای شفاف در بلورهای زیرکن

می‌گردد که بعضاً همچون هیاسینت بعنوان جواهر و سنگ زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این در حالی است که بلورهای رنگی زیرکن، نسبت به بلورهایی که تحت تاثیر دگرسانی قابل توجهی قرار گرفته‌اند، دگرگونی فیزیکی کمتری را متحمل شده‌اند و خصوصیات فیزیکی آنها شبیه بلورهای زیرکن دگرگون نشده است. خصوصیات کانی‌شناسی زیرکن و بادلیت و همچنین تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بلورهای زیرکن دگرگون شده در جدول ۱-۲ ارائه شده است.

جدول ۱-۱- کانیهای حاوی عنصر زیرکنیوم

Mineral	Composition	ZrO <sub>2</sub> (%)
Baddeleyite	ZrO <sub>2</sub>	59-98.9
Catapleite	(Na <sub>3</sub> Ca)ZrSiO <sub>3</sub> O <sub>9</sub> .2H <sub>2</sub> O	30.5-31.53
Elpidite	Na <sub>2</sub> (Zr,Ti)Si <sub>6</sub> O <sub>15</sub> .3H <sub>2</sub> O	19.8-20.28
Eudialyte-eucolite	(Ca,Na) <sub>5</sub> Zr <sub>5</sub> Si <sub>6</sub> (O.OH.Cl) <sub>20</sub>	20-30
Polymignite	(Ca,Fe,Y,Zr)(Nb,Ta,Ti)O <sub>4</sub>	28.71-29.11
Rosenbuschite	(Ca,Na) <sub>3</sub> (Zr,Ti)Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> F	19.8
Wohlerite	NaCa <sub>2</sub> (Zr,Nb)Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (O,OH,F)	15.61-17.55
Zircon	ZrSiO <sub>4</sub>	34-67
Zirkelite	(Ca,Fe)Zr,TiO <sub>5</sub>	50.89-51.7

جدول ۱-۲- خصوصیات کانی شناسی زیرکن و بادلیت

		Altered zircon	Altered zircon	
Mineral	Zircon	Hyacinth	Malacon	Baddeleyite
Crystal form	Ditetragonal Dipyramidal	Ditetragonal Dipyramidal	Amorphous	Monoclinic Prismatic
Specific gravity	4.6 – 4.7	4.2 – 4.6	3.9 – 4.2	5.4 – 5.7
Mohs hardness	7.5	7	6-7	6.5
Colour	White	Purplish	Dark	Variable
Refractive index	1.92-1.96	1.90-1.92	1.76-1.90	2.19
Cleavage	110 poor	110 poor	None	001 perfect
Loss on Ignition (%) (L.O.I)	0.1	0.5-0.1	10	...

#### ۱-۴- ویژگی‌های زمین‌شناسی زیرکن

کانی زیرکن در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی یافت می‌شود. این کانی بعنوان کانی فرعی در سنگ‌های آذرین خصوصا در سنگ‌های آذرین درونی سرشار از سدیم، گرانیته‌ها، دیوریت‌ها و بویژه در نفلین‌سینیت‌ها وجود دارد. بلورهای زیرکن در صورت وجود عناصر رادیواکتیو، دارای هاله‌های رنگین می‌باشند.

عنصر زیرکنیوم در سنگ‌های بازالتی و همچنین سنگ‌های اولترامافیکی، بیشتر در شبکه بلورین پیروکسن‌ها شرکت داشته و به شکل کانی زیرکن ظاهر نمی‌شود. به هنگام تبلور ماگماهای بازالتی، کانی زیرکن در مراحل پایانی تبلور ماگما تشکیل می‌گردد. تبلور کانی زیرکن در طیف حرارتی ۹۰۰-۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و پس از تبلور کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ‌های بازالتی انجام می‌گیرد، درحالی‌که این فرآیند در ماگماهای گرانیته‌ی وارونه است. مقدار عنصر زیرکنیوم در سنگ‌های

آلکالن نسبت به سنگ‌های دیگر بیشتر بوده و در سنگ‌های کالک‌آلکالن به حداکثر مقدار خود می‌رسد، تا آنجا که تقریباً تمامی زیرکنیوم موجود در این سنگها، بصورت کانی زیرکن تبلور می‌شود. این کانی در سنگ‌های آلکالن در مراحل آغازین و یا پایانی و در سنگ‌های کالک‌آلکالن، در مراحل آغازین تبلور ماگما تشکیل می‌گردد. نقطه ذوب بالای زیرکن، نشان‌دهنده تبلور این کانی در مراحل آغازین انجماد ماگمای گرانیتی - دیوریتی است. بنابراین احتمالاً تبلور زیرکن در ماگمای گرانیتی، در طیف حرارتی ۶۰۰-۷۰۰ درجه سانتیگراد و در ماگماهای دیوریتی در طیف ۷۰۰-۸۰۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. اگر چه اخیراً زیرکن بطور مصنوعی در دمای حدود ۲۴۰ درجه سانتیگراد از ژل اکسید زیرکنیوم و سیلیس در حضور آب بدست آمده است. کانی بادلیت نیز به میزان قابل توجهی در دایک‌های پگماتیتی و نفلین‌سینیت‌ها یافت شده است.

اگر چه مقدار زیرکن در سنگ‌های دگرگونی چندان زیاد نیست اما چنانچه این کانی در سنگ‌های اولیه و قبل از فرآیند دگرگونی وجود داشته باشد، در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شود. این کانی به دلیل مقاومت شیمیایی و فیزیکی بالا حتی در دگرگونی‌های شدید نیز در سنگ‌های دگرگونی باقی می‌ماند. نظیر انواع گنایس‌ها، گرانولیت‌ها و کوارتزیت‌ها که از دگرگونی گرانیت‌ها، نفلین‌سینیت‌ها و آرنت‌ها پدید آمده و زیرکن به مقدار قابل توجهی در آنها یافت می‌شود. کانی‌های مقاوم یا کانی‌هایی که در مناطق هوازده سطح زمین پایدار یا نیمه پایدار هستند، بر خلاف مواد دربرگیرنده خود، توسط فرآیندهای هوازدهگی متلاشی نمی‌شوند. این کانی‌ها در خاک باقی مانده و یا توسط باران، نهرها، امواج و یا باد از محل دور می‌شوند. ذره‌های سبک‌تر بعضی از کانی‌های مقاوم، به راحتی جابه‌جا و پراکنده می‌شوند. اما کانی‌های سنگین و مقاوم و پایدار که به صورت ذرات بازممانده در خاک باقی

مانده‌اند، ممکن است شسته شده و به رودخانه‌ها راه یابند. در مناطقی که شیب توپوگرافی پایین دست رخنمون‌ها تند است و یا در مناطقی که شرایط مناسب برای حرکت ذرات فراهم می‌شود، این ذرات مقاوم می‌لغزند و سر می‌خورند و یا بتدریج به سوی پایین دست شیب‌ها شسته می‌شوند تا جایی که به بستر یک رودخانه برسند. این ذرات مقاوم در رودخانه‌ها از مواد دانه‌ریزتر و سبک‌تر با اندازه رس و سیلت که به سمت پایین رود حمل می‌شوند، جدا می‌گردند. کانی‌های سنگین ممکن است بعداً در میان ماسه‌ها و یا شن‌های رودخانه‌ای و یا ساحلی متمرکز شوند. فرآیند تفکیک و یا جدایش ثقلی کانی‌های سنگین در رودخانه‌ها یا ساحل‌ها سبب می‌شود که ذرات سنگین به کف بستر سقوط کرده و ذرات دانه‌ریزتر و سبک‌تر از محل دور شوند. نتیجه این فرآیند، انباشت کانی‌های سنگین و مقاوم می‌باشد. این کانی‌ها ممکن است به صورت تمرکزهای بازمانده در نزدیکی رخنمون‌ها انباشته شوند و یا اینکه به رودخانه‌ها راه یابند و در پشته‌های ماسه‌ای و یا در محل بی‌نظمی‌های موجود در بستر رودخانه‌ها و پیچ رودها متمرکز گردند و یا آنکه به ساحل برسند و پس از جابجایی توسط امواج در ماسه‌های ساحلی انباشته شوند.

زمین‌شناسان اقتصادی معمولاً نهشته‌های نابرجای دارای ارزش اقتصادی را تجمعات مکانیکی یا نهشته‌های پلاسرمی نامند. پلاسره‌های رودخانه‌ای و دریایی، به عنوان منابع طلا، الماس، عناصر کمیاب خاکی، فلزهای پایه و آلیاژی همانند آهن، تیتانیوم، توریم و زیرکونیوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. کانسار تریل‌ریج در فلوریدا نمونه‌ای از پلاسره‌های دریایی و کانسارهای طلای ویتواترزاند در آفریقای جنوبی نمونه‌ای از پلاسره‌های رودخانه‌ای - دریاچه‌ای است.

## ۱-۵- ویژگی‌های مواد دیرگداز حاوی عنصر زیرکونیوم

نقطه ذوب عنصر زیرکونیوم ۱۸۵۰ درجه سانتیگراد بوده و مواد دیرگداز حاوی عنصر زیرکونیوم، به سه شکل اصلی زیرکن (Zircon)، زیرکینیا (Zirconia) و Alumina-zirconia-silica مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### ۱-۵-۱- زیرکن ( $ZrSiO_4$ )

نقطه ذوب زیرکن ۲۳۴۰-۲۵۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. زیرکن در برابر شوک حرارتی، مقاومت بالا و هدایت حرارتی متوسطی دارد. زیرکن اغلب بصورت تنها و همچنین به همراه مواد دیرگداز دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از دیرگدازهای زیرکینی، در صنایع شیشه، صنایع فولاد و آهن و بصورت دیرگدازی تخصصی در مناطق حساس کوره‌ها استفاده می‌شود. دیرگدازهای زیرکینی سابقاً بعنوان آستر پاتیل‌های فولاد مذاب در صنایع فولاد ژاپن مورد استفاده قرار می‌گرفتند که از اواخر دهه ۱۹۸۰ توسط دیرگدازهای High alumina و Alumina-spinel جایگزین گردیدند. مهمترین رخداد دهه‌های اخیر در صنایع فولاد، گسترش روش ریخته‌گری پیوسته است که موجب افزایش مجدد استفاده از زیرکن در صنایع فولاد و آهن گردیده است. علاوه بر این، از دیرگدازهای زیرکینی بعنوان دیرگدازی خاص و تخصصی در مناطق پرتنش، همچون دریچه‌های کنترل کننده جریان مذاب و مدخل‌های کوره استفاده می‌گردد.



دیرگدازهای زیرکنی بصورتی گسترده در صنایع شیشه مورد استفاده قرار می‌گیرند که در ادامه به تفصیل شرح داده خواهد شد. مقادیر قابل قبول اکسیدهای زیرکونیوم، تیتانیوم و آهن موجود در زیرکن، جهت استفاده در صنایع سرامیک، دیرگداز و ریخته‌گری در جدول ۱-۳ ارائه شده است.

جدول ۱-۳- ترکیبات مناسب زیرکن جهت استفاده در صنایع سرامیک، دیرگداز و ریخته‌گری

	ZrO <sub>2</sub> (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
Ceramic	66.0-66.5	0.10-0.13	0.02-0.06
Refractory	66.0-66.5	0.12-0.15	0.07-0.13
Foundry	65.5-66.0	0.15-0.25	0.12-0.25

لازم به توضیح است که  $ZrO_2$  (%) نشانگر  $[ZrO_2 (\%) + HfO_2 (\%)]$  می‌باشد. کانی زیرکن در استحصال عنصر زیرکونیوم و همچنین زیرکینیا، حس‌گرهای حرارتی، غلاف سوخت در راکتورهای هسته‌ای، شمع اتومبیل، پوشش داخلی ظروف تفلونی، مواد دیرگداز ترکیبی و دیرگدازهای زیرکنی و زیرکینایی و... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۱-۵-۲- زیرکینیا (ZrO<sub>2</sub>)

نقطه ذوب زیرکینیا ۲۷۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده و از زیرکن استحصال می‌گردد. زیرکینیا مقاومت سایشی بسیار بالایی در برابر مذاب‌های فلزی دارد. همچنین به شدت دیرگداز بوده و در اکثر محیط‌های شیمیایی حالت خنثی دارد. دیرگدازهای زیرکینایی، نسبتاً گران‌قیمت بوده و در مناطقی با

درجه حرارت بیش از ۱۹۰۰ درجه سانتی‌گراد، همچون نازل‌ها، مدخل‌ها، دریچه‌ها، درزهای کوره و بوته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. زیرکنیا بعنوان دیرگدازی ویژه در مناطق حساس کوره‌ها و همچنین بعنوان افزودنی در دیگر دیرگدازهای اکسیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرکنیا در محیط اکسیدکننده بسیار پایدار بوده ولی در محیط احیایی در درجه حرارت ۱۹۰۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه می‌شود. زیرکنیا همچنین در ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد با کربن ترکیب شده و تولید کاربید زیرکن ( $ZrC$ ) می‌نماید که استحکام بسیار زیادی در برابر حرارت دارد. دیرگدازهای زیرکنیایی دارای درجه گدازندگی بسیار بالا (حدود ۲۵۰۰ درجه سانتی‌گراد)، مقاومت سرباره‌ای مناسب به ویژه در برابر واکنش‌های حاصل از سرباره‌های اسیدی و همچنین مقاومت زیاد در برابر حمله شیمیایی، به ویژه سیلیکات‌های مذاب می‌باشند.

دیرگدازهای زیرکنیایی در برابر سرباره‌های قلیایی در دماهای بالا (حدود ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد) ناپایدار بوده و با نیتروژن و کربن وارد واکنش شده و تولید نیتrideها و کاربیدهایی می‌نمایند که در نهایت موجب کاهش مقاومت مکانیکی دیرگدازهای زیرکنیایی می‌گردد. دیرگدازهای زیرکنیایی همچنین به واسطه ضریب انبساط حرارتی کم در درجه حرارتهای بالاتر از ۱۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، نقطه ذوب بالا و هدایت حرارتی پایین، بعنوان پوشش داخلی کوره‌ها و بصورت پوسته‌ای بر روی دیرگدازهایی با درجه گدازندگی پایین‌تر بکار برده می‌شوند. علاوه بر این، برای ذوب پلاتینیوم و ایریدیوم، از بوته‌های زیرکنیایی استفاده می‌شود.

**Alumina-zirconia-silica - ۳-۵-۱**

این دیرگداز ترکیبی، بصورت ریخته شده از مذاب یا Fused cast alumin-zirconia-silic (AZS) ساخته می‌شود و بیش از دیگر انواع دیرگدازهای زیرکنی در صنایع شیشه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۱-۶- ذخایر زیرکن در جهان**

باتوجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی زیرکن، مهمترین منبع اقتصادی زیرکن، پلاسره‌های ساحلی و رودخانه‌ای است. پلاسرها به دلیل عدم نیاز به فرآیند پرهزینه خردایش و روش‌های جداسازی شیمیایی، سهولت در استخراج به روشهای ثقلی، استخراج چندمحصولی و عیار بسیار بالا، از نظر اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از اینرو در تمام نقاط جهان، زیرکن از نهشته‌های پلاستی، استحصال می‌گردد.

بر اساس تخمین سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) کل ذخایر کانی‌های حاوی عنصر زیرکنیوم ۳۲ میلیون تن ( $ZrO_2$ ) بوده، که با احتساب ذخایر پایه (ذخایر نزدیک به آستانه اقتصادی و غیراقتصادی) به ۶۲ میلیون تن ( $ZrO_2$ ) بالغ می‌گردد. این ذخایر بیش از سایر مناطق، در آفریقای جنوبی (۱۴/۳ میلیون تن  $ZrO_2$ ) قرار گرفته‌اند. در سال‌های اخیر، از پلاسره‌های ساحلی سیاه‌رنگ (Black Sand) استرالیا، که در ابتدا به منظور استحصال طلا مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت، کانی‌های روتیل، ایلمنیت، زیرکن، لوکوکسن [حاصل دگرسانی کانی‌های غنی از تیتان (همانند ایلمنیت) به رنگ زرد تا قهوه‌ای و به شکل ریزدانه می‌باشد] و موناژیت نیز، استحصال می‌گردد. علاوه بر این،

با شروع فعالیت‌های معدن‌کاری در شمال جزیره استرادبروک کوئینزلند (ساحل شرقی)، نیوکسل و غرب استرالیا، احتمالاً نیمی از کل ذخایر زیرکن، بیش از ۴۰ درصد ذخایر روتیل و حدود ۷ درصد از ذخایر ایلمنیت دنیا در استرالیا قرار گرفته است.

یک نهشته بزرگ حاوی کانی‌های سنگین در سواحل آتلانتیک کشور آرژانتین قرار گرفته که در نزدیکی منطقه (San Blas-Faro Segundo) دارای بالاترین عیار می‌باشد. نهشته‌های این منطقه دارای ۱۲ میلیون تن کانه، شامل ۳۰۰۰۰۰ تن ( $\text{TiO}_2$ ) در ایلمنیت و روتیل، یک میلیون تن آهن و ۱۳۰۰۰ تن زیرکن می‌باشند. همچنین ذخایر قابل توجهی از زیرکن در گرینلند (۸۵۰۰۰۰ تن زیرکن برابر ۵۵۰۰۰۰۰ تن  $\text{ZrO}_2$ )، مصر [۱/۹ میلیون تن با عیار ۵ درصد زیرکن (۶۰۰۰۰۰ تن  $\text{ZrO}_2$ )]، کانادا، موزامبیک، سیرالئون و سریلانکا گزارش گردیده است. بنابراین برای پی‌جویی و اکتشاف زیرکن محتمل‌ترین انتخاب، پلاسره‌های دریایی و رودخانه‌ای است. در جدول ۱-۴ میزان ذخایر جهانی کانی‌های حاوی عنصر زیرکنیوم، ارائه شده است.

جدول ۱-۴- ذخایر کانی‌های حاوی عنصر زیرکونیوم در جهان

Reserves of Zircon (Mt ZrO <sub>2</sub> )		
Country	Reserves	Reserve base
South Africa	14.3	14.3
Australia	6.3	27
Ukraine	4.0	6.0
India	3.4	3.8
USA	1.7	5.3
China	0.5	1.0
Brazil	0.4	0.4
Other countries	0.9	4.1
Total	32.0	62.0

# فصل دوم

زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی

پلاسر پارودبار

## ۲- زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی پلاس پارودبار

نهشته‌های حاوی کانی‌های سنگین در مناطقی از سواحل جنوبی دریای خزر شناخته شده است. نهشته‌های تیره‌رنگ حاوی کانی‌های سنگین به صورت ناپیوسته در بخش‌هایی از مناطق خیزآبی سواحل چمخاله - زیباکنار نهشته شده‌اند و نهشته‌های رودخانه شاه‌رود، مهمترین منبع کانی‌های سنگین سواحل چمخاله - زیباکنار شناخته شده‌اند. کلیه بررسی‌های اکتشافی در مرحله شناسایی بوده و در بررسی‌های اکتشافی هر یک از محدوده‌ها، خصوصیات و مشاهدات مرتبط با مناطق بررسی شده که در بیشتر مواقع مورد نمونه‌برداری نیز قرار گرفته است.

نهشته‌ها و حوضه آبریز رودخانه شاه‌رود واقع در بخش جنوبی روستای پارودبار واقع است. به منظور بررسی‌های زیرسطحی در نهشته‌های این منطقه، شش چاهک دستی به قطر ۹۰-۸۵ سانتی‌متر و به عمق یک متر حفر گردیده و از نهشته‌های زیرسطحی حدود ۳۰۰ کیلوگرم و از نهشته‌های سطحی حدود ۶۰ کیلوگرم نمونه جهت عملیات فرآوری و از دیواره هریک از چاهک‌ها ۱۵ لیتر نمونه، به منظور مطالعات کانی‌های سنگین و کانی‌شناسی برداشت و مورد مطالعه قرار گرفته است.

تمامی سنگ‌های آتشفشانی بازیک منطقه، واجد مگنتیت‌های ارتوماگمایی و کانی‌های فرومنیزین سیلیکاته می‌باشند که حاکی از ماگمای مولد غنی از آهن این سنگ‌های آتشفشانی است. گرایش به دگرسانی در سنگ‌های آتشفشانی منطقه، موجب مارتیتی شدن مگنتیت‌ها و تشکیل مارتیت در قالب بلورین مگنتیت، اپاسیتی و سرپانتینی شدن کانی‌های فرومنیزین سیلیکاته و تشکیل اکسیدها، هیدرواکسیدهای آهن، سرپانتین و تالک و همچنین سریسیتی و آرژیلیتی شدن فلدسپارها و تشکیل سریسیت و آرژیلیت شده است. علاوه بر این، دگرسانی‌های مذکور موجب تشدید عملکرد فرآیندهای

هوازگی و فرسایشی گردیده و باعث افزایش میزان تولید فرآورده‌های هوازگی و در نهایت افزایش حجم نهشته‌های رودخانه شاه‌رود شده است.

نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی، نشانگر دگرسانی گسترده مگنتیت‌ها و تبدیل کامل و یا بخشی از آنها به مارتیت می‌باشد. بنابراین، وجود درصد بالایی از مگنتیت‌های مارتیتی شده و مارتیت در بخش کانی‌های پارامنیتیک بدیهی بوده و شواهد کانی‌شناسی، مقادیر هماتیت گزارش شده در مطالعات کانی‌های سنگین را تایید نمی‌نماید. لذا بخش کانی‌های پارامنیتیک، به ترتیب فراوانی شامل پیروکسن، مگنتیت‌های مارتیتی شده، مارتیت و هماتیت می‌باشند.

درگیری فیزیکی کانی‌های مغناطیسی مگنتیت و مارتیت و همچنین وجود مقادیر قابل توجه پیروکسن در بخش کانی‌های پارامنیتیک، موجب کاهش بازدهی روش‌های جدایش مغناطیسی می‌گردد. مطالعات کانی‌شناسی و کانیهای سنگین توده نفوذی پیروکسن دیوریت پورفیری و پوشش آرنیتی سطوح آن، که درجاده جیرنده قرار دارد، نشان‌دهنده تمرکز قابل توجهی از کانی زیرکن نبوده و امکان طرح این توده نفوذی، به عنوان یکی از منابع احتمالی تامین‌کننده زیرکن موجود در نهشته‌های رودخانه‌ای منطقه، وجود ندارد.

توده نفوذی پیروکسن دیوریت پورفیری، بخش‌هایی آتشفشانی را در برگرفته، که بر اساس مطالعات کانی‌شناسی، بخش‌هایی از توده آتشفشانی الیوین پیروکسن بازالت مشرف به ده سنگرود می‌باشد. بنابراین احتمالاً زمان جایگیری توده نفوذی، بعد از تشکیل الیوین پیروکسن بازالت می‌باشد.

وجود ذرات طلا و الکتروم (آلیاژ طبیعی طلا و نقره که مقدار نقره در آن ۲۰ درصد یا بیشتر باشد) در بخش حاوی کانی‌های سنگین نهشته‌های سطحی و همچنین نهشته‌های زیرسطحی، از دیدگاه



اکتشافی حائز اهمیت می‌باشد. لازم به توضیح است که به دلیل توزیع تقریباً یکنواخت کانی‌های مگنتیت و زیرکن و همچنین حجم قابل توجه کانی‌های سنگین، مطالعات بر روی نمونه حاصل از تقسیم بخشی انجام گردیده، درحالی‌که برای تعیین عیار طلا، مطالعه تمام حجم کانیهای سنگین الزامی است.

حجم کانی‌های سنگین، پس از تغلیظ نهشته‌های سطحی و زیرسطحی قابل توجه بوده و نشان‌دهنده وجود مقادیر زیادی از کانیهای سنگین، در این بخش از رودخانه شاه‌رود می‌باشد. عیار مگنتیت، کانی‌های پارامیتیک و زیرکن در نهشته‌های زیرسطحی (تا حداکثر عمق ۱ متر)، به ترتیب ۳/۴ درصد و ۱/۲ درصد و ۰/۱ درصد می‌باشد، که در چاهک‌های دیگر به کمتر از این مقادیر کاهش می‌یابد. در نهشته‌های این بخش از رودخانه شاه‌رود، رابطه مستقیم بین عیار مگنتیت و زیرکن، به وضوح مشاهده می‌گردد. این ارتباط مستقیم، نشانگر تشابه مکانیسم نهشت این کانی‌ها، علی‌رغم خاستگاه متفاوت آنها می‌باشد.

نهشته‌های حاوی کانی‌های سنگین شاه‌رود از طریق سفیدرود به سواحل دریا حمل شده و سپس در اثر عملکرد همزمان امواج ساحلی و جریان‌هایی که به موازات ساحل از شمال باختر به سمت شمال خاور حرکت می‌نمایند، جدایش ثقلی یافته و بصورت ناهنجاری‌های ناپیوسته در سواحل چمخاله - زیباکنار نهشته شده‌اند.

نهشته‌های حاوی کانیهای سنگین سواحل چمخاله - زیباکنار به دلیل مرز تدریجی و متناوب با ماسه‌های ساحلی در راستای قائم و افقی، ضخامت کم نهشته‌ها (۱/۵ تا ۲ متر)، ناپیوستگی نهشته‌های

تیره‌رنگ حاوی کانی‌های سنگین، مشکلات حقوقی و زیست‌محیطی متعاقب معدن‌کاری و عیار پائین، فاقد توجیه اقتصادی به نظر می‌رسد.

کانی زیرکن از توده‌های نفوذی و احتمالاً آتشفشانی اسیدی و کانی‌های مگنتیت و پیروکسن از دایک‌ها و توده‌های نیمه‌عمیق و آتشفشانی دلریتی، گابرویی و بازالتی سازند کرج وارد طالقان‌رود و شاه‌رود می‌گردد. علاوه بر این، آنالسیم بازانیت‌های حوضه آبریز طالقان رود نیز، یکی از منابع تامین‌کننده کانی‌های سنگین تیره (مگنتیت و پیروکسن) می‌باشند.

مقادیر بالای  $K_2O$  در سنگ‌های درونی و خروجی حوضه آبریز طالقان‌رود و شاه‌رود، در حدفاصل اوچان تا لوشان، نشانگر گرایش آلکالن سنگهای درونی و خروجی مناطق مذکور می‌باشد. لذا به دلیل تمایل عنصر زیرکنیوم به حضور در محیط‌های آلکالن و تبلور زیرکن، این منطقه واجد پتانسیل اکتشافی است. علاوه بر این وجود مقادیر بالای  $Fe_2O_3$  در سنگهای درونی و خروجی این منطقه، نشانگر ماگمای مولد غنی از آهن این سنگ‌ها می‌باشد.

عیار زیرکن در نهشته‌های تیره‌رنگ، حدواسط (نیمه‌روشن) و ماسه‌های ساحلی به رنگ روشن، متفاوت بوده و مقدار آن از نهشته‌های تیره‌رنگ به سمت ماسه‌های ساحلی کاهش چشمگیری می‌یابد. بنابراین، عیار زیرکن با عیار کانیهای سنگین تیره (مگنتیت، مارتیت، ایلمنیت و تیتانومگنتیت) در ارتباط مستقیم بوده و بعنوان راهنمای اکتشافی قابل استفاده می‌باشد. به بیان دیگر هر چه رنگ نهشته‌ها تیره‌تر باشد، جدایش ثقلی کامل‌تری صورت گرفته و عیار زیرکن در آن نهشته‌ها بالاتر خواهد بود.

عیار زیرکن در نمونه میانگین نهشته‌های تیره رنگ سواحل چمخاله - زیبا کنار ۰/۲ درصد بوده که با متوسط عیار زیرکن در نهشته‌های تیره رنگ و حدواسط مطابقت دارد.

جدول ۱-۲- عیار کانی‌های زیرکن، مگنتیت و مارتیت در نهشته‌های سواحل چمخاله- زیبا کنار

عیار (%)			
مارتیت	مگنتیت	زیرکن	نهشته‌های سواحل چمخاله- زیبا کنار
۰/۵	۳/۷	۰/۴	نهشته‌های تیره رنگ
۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۰۴	نهشته‌های حدواسط (نیمه‌روشن)
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۲۳	ماسه‌های ساحلی به رنگ روشن

جدول ۲-۲- عیار کانی‌های سنگین در میانگین نهشته‌های تیره رنگ سواحل چمخاله- زیبا کنار

عیار (%)					
تیتانومگنتیت	ایلمنیت	مارتیت	مگنتیت	زیرکن	میانگین نهشته‌های تیره رنگ حدواسط و روشن (ماسه‌های ساحلی) سواحل چمخاله - زیبا کنار
۰/۴	۰/۵	۱/۷	۱/۶	۰/۲	نمونه میانگین ناهنجاری‌ها

نهشته‌های تیره رنگ سواحل چمخاله - زیباکنار، علاوه بر زیرکن، حاوی کانی‌های سنگین تیره همچون مگنتیت، مارتیت، ایلمنیت و تیتانومگنتیت می‌باشند که بعنوان محصولات جانبی ارزش اقتصادی کانسار پلاسری مذکور را افزایش می‌دهد. عیار زیرکن در کانسارهای کم‌عیار ۰/۱ تا ۱ درصد و در کانسارهای پلاسری پرعیار ۱ تا ۲۵ درصد و یا بیشتر می‌باشد. لذا، نهشته‌های تیره‌رنگ سواحل چمخاله - زیباکنار، جزو کانسارهای پلاسری کم‌عیار زیرکن می‌باشد.

منبع اصلی نهشته‌های حاوی کانی‌های سنگین سواحل چمخاله - زیباکنار، رودخانه شاه‌رود می‌باشد. این نهشته‌ها از طریق سفیدرود به سواحل دریا حمل شده و سپس در اثر عملکرد همزمان امواج ساحلی و جریان‌هایی که به موازات ساحل از شمال شرق (از ساحل زیباکنار به طرف ساحل چمخاله و منطبق بر جریان‌های پادساعتگرد دریای خزر) حرکت می‌نمایند، بصورت ناهنجاری‌های ناپیوسته در سواحل دریا نهشته شده‌اند. ناپیوستگی‌های موجود در تمرکز کانیهای سنگین و همچنین مرز تدریجی و تناوب رسوبگذاری نهشته‌های حاوی کانیهای سنگین و ماسه‌های ساحلی در راستای افقی و قائم، نشانگر تناوب و رود روبات حاوی کانی‌های سنگین به دریا می‌باشد. به بیان دیگر مقدار کانی‌های سنگین رسوبات حمل شده به طرف دریا به صورت متناوب تغییر کرده و ناهنجاریهای موجود را ایجاد نموده است. علاوه بر این، انطباق تعدادی از ناهنجاریها با مصب‌های قدیمی سفیدرود و رودخانه‌های فرعی، محتمل می‌باشد.

بهره‌برداری از نهشته‌های ناپیوسته حاوی کانیهای سنگین سواحل چمخاله - زیباکنار به دلایل زیر فاقد توجیه اقتصادی بنظر می‌رسد.

الف) ناپیوستگی نهشته‌های تیره‌رنگ حاوی کانی‌های سنگین

- ب) مرز تدریجی و متناوب نهشته‌های مذکور، با ماسه‌های ساحلی در راستای قائم و افقی
- پ) ضخامت کم نهشته‌های حاوی کانی‌های سنگین (۱/۵ تا ۲ متر) و ذخیره کم
- ت) وابستگی شدید اهالی بومی منطقه، به منافع اقتصادی حاصل از فعالیت‌های توریستی و

### صیادی

- ث) هزینه بالای تملک زمین‌های ساحلی
- ج) مشکلات حقوقی و زیست‌محیطی متعاقب معدن‌کاری
- چ) عیار پائین زیرکن و کانی‌های سنگین همراه
- به دلایل پترولوژیکی، احتمال حضور عنصر زیرکنیوم در سنگ‌های آلکان زیاد بوده که در سنگ‌های کالک‌آلکان به حداکثر مقدار خود می‌رسد، تا آنجا که تقریباً تمامی زیرکنیوم موجود در این سنگها، بصورت کانی زیرکن متبلور می‌شود. مقادیر  $K_2O$  موجود در سنگ‌های درونی و خروجی حوضه آبریز طالقان‌رود و شاه‌رود، در حد فاصل اوچان تا لوشان، حاکی از گرایش آلکان سنگ‌های منطقه بوده و از نظر اکتشافی حائز اهمیت می‌باشد.
- مقادیر بالای  $Fe_2O_3$  در سنگ‌های درونی و خروجی حوضه آبریز طالقان‌رود، در فواصل اوچان تا لوشان، نشانگر ماگمای مولد غنی از آهن این سنگ‌ها می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی نیز، تاییدی بر این خصوصیت بوده و تمامی سنگ‌های آتشفشانی بازیک منطقه واجد مگنتیت‌های ارتوماگمایی و کانی‌های فرومنیزین سیلیکاته می‌باشند.
- بر اساس نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی نمونه‌هایی از حوضه آبریز طالقان‌رود و شاه‌رود، در حد فاصل اوچان تا دشت رز، سنگ‌های آتشفشانی و نیمه عمیق اسیدی، بازیک و

فلدسپاتوئیددار (آنالسیم‌دار) سازند کرج، قسمت اعظم حوضه آبریز رودخانه‌های مذکور را تشکیل داده‌اند. بنابراین، کانی زیرکن از توده‌های نفوذی واحتمالا آتشفشانی اسیدی وکانی‌های مگنتیت، مارتیت (حاصل دگرسانی مگنتیت)، ایلمنیت، تیتانومگنتیت و پیروکسن از دایک‌ها و توده‌های نیمه‌عمیق و آتشفشانی دلریتی، گابرویی و بازالتی سازند کرج وارد طالقان‌رود و شاه‌رود می‌گردند. علاوه بر این، آنالسیم بازانیت‌های حوضه آبریز طالقان‌رود نیز، یکی از منابع تامین‌کننده کانی‌های سنگین تیره (مگنتیت و پیروکسن) می‌باشند. گرایش به دگرسانی در سنگ‌های آتشفشانی مذکور موجب مارتیتی شدن مگنتیت‌ها و تشکیل مارتیت در قالب بلورین مگنتیت، اپاسیتی و سرپانتینی شدن کانی‌های فرومیزین سیلیکاته و تشکیل اکسیدها، هیدرواکسیدهای آهن، سرپانتین و تالک و همچنین سریسیتی و آرژیلیتی شدن فلدسپارها و تشکیل سریسیت و آرژیلیت شده است. علاوه بر این، دگرسانی‌های مذکور، موجب تشدید عملکرد فرآیندهای هوازدگی و فرسایشی گردیده و باعث افزایش میزان تولید فرآورده‌های هوازدگی و در نهایت افزایش حجم نهشته‌های رودخانه شاه‌رود شده است. کانی‌های سنگین پس از ورود به رودخانه‌های طالقان‌رود و شاه‌رود به مناطق پایین دست رودخانه (به طرف سد منجیل) حمل و در مناطقی که شکل و شیب بستر مناسب باشد، نهشت می‌یابند.

نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی، نشانگر دگرسانی گسترده مگنتیت‌ها و تبدیل کامل و یا بخشی از آنها به مارتیت می‌باشد. بنابراین نظریه فراوانی مگنتیت‌ها، وجود درصد بالایی از مگنتیت‌های مارتیتی شده و مارتیت در بخش کانی‌های پارامیتیک بدیهی می‌باشد. براساس نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی، کانی‌های پارامیتیک، به ترتیب فراوانی شامل پیروکسن، مگنتیت‌های مارتیتی شده، مارتیت

و هماتیت می‌باشند. درگیری فیزیکی کانه‌های مگنتیت و مارتیت و همچنین وجود درصد بالایی از پیروکسن، موجب کاهش بازدهی عملیات جدایش‌های مغناطیسی می‌گردد.

براساس نتایج حاصل از مطالعات صحرائی و مطالعات کانی‌های سنگین، تجمع و تمرکز کانی‌های سنگین در بخش‌هایی از رودخانه شاه‌رود وجود دارد. بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته بر روی نهشته‌های بخشی از رودخانه شاه‌رود واقع در جبهه جنوبی روستای پارودبار، نشانگر عیار بالاتر کانی‌های سنگین در شاخه‌های فرعی و حوضچه‌های طبیعی می‌باشد.

# فصل سوم

## شناسایی نمونه



### ۳- شناسایی نمونه

#### ۳-۱- مطالعات کانی‌شناسی توسط اشعه X

در آنالیز نمونه ارسال شده به روش XRD، بر اساس فراوانی، کانی‌های آنورتیت، کوارتز، کلسیت، هماتیت، ایلیت و کلینوکلر تشخیص داده شدند که توسط نرم‌افزار نیمه کمی درصد آنها به این صورت گزارش گردید.

آنورتیت: ۵۱/۱ درصد

کوارتز: ۱۹/۶ درصد

کلسیت: ۹/۱ درصد

هماتیت: ۴/۲ درصد

ایلیت: ۴/۲ درصد

کلینوکلر: ۱/۴ درصد

#### ۳-۲- تجزیه XRF

از کل نمونه یک نمونه معرف گرفته شد و توسط XRF آنالیز شد که نتیجه آن بصورت

جدول ۳-۱ می باشد.

جدول ۳-۱- آنالیز XRF نمونه معرف

درصد	ترکیب
۷/۱۷	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۰/۱۴	MnO
۱/۰۲	TiO <sub>2</sub>
۱۱/۳۸	CaO
۳/۰۷	K <sub>2</sub> O
۰/۱۵	SO <sub>3</sub>
۰/۳۹	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
۴۹/۶۱	SiO <sub>2</sub>
۱۳/۵۹	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۳/۲۶	MgO
۲/۲۵	Na <sub>2</sub> O
۷/۴۲	L.O. I
۹۹/۴۵	مجموع

## ۳-۳- تجزیه شیمیایی

از نمونه کلی یک نمونه معرف تجزیه شیمیایی شد که نتیجه آن در جدول ۳-۲ ارائه گردیده

است.

جدول ۳-۲- نتیجه تجزیه شیمیایی نمونه معرف

ترکیب	درصد
SiO <sub>2</sub>	۵۳/۵۷
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۱/۷۷
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۷/۸۲
CaO	۸/۶۴
MgO	۳/۲۷
TiO <sub>2</sub>	۰/۹۸
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰/۳۳
MnO	ناچیز
Na <sub>2</sub> O	۲/۵۱
K <sub>2</sub> O	۲/۶۴
L.O.I	۸/۱
مجموع	۹۹/۶۳

نمونه اولیه توسط سرنده ۷ مش (۲۸۳۰ میکرون) دانه‌بندی شد و محصول روی سرنده کنار گذاشته شده و میزان Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و TiO<sub>2</sub> در محصول زیر سرنده نیز توسط تجزیه شیمیایی تعیین گردید که مقدار آنها به ترتیب ۶/۷۴ و ۰/۷ درصد بود.

### ۳-۴- تجزیه به روش کالوریمتری

توسط روش کالوریمتری مقادیر Pb, Ag در نمونه اولیه و همچنین نمونه سرنده شده تعیین شد که میزان آنها در نمونه اولیه به ترتیب ۳ و ۱۴۶ ppm و در نمونه‌ای که از سرنده ۷ مش عبور داده شده بود به ترتیب ۷ ppm و ۷۵ بودند.

### ۳-۵- تجزیه به روش اسپکتروگرافی جهت تعیین مقدار طلا

میزان طلا در نمونه های اولیه و سرنند شده زیر ۷ مش (۲۸۳۰- میکرون) توسط اسپکتروگرافی تعیین شد که در هر دو نمونه مقدار طلا ۱ ppb گزارش گردید.

### ۳-۶- تجزیه به روش نشر اتمی (ICP)

دو نمونه معرف اولیه و سرنند شده توسط نشر اتمی آنالیز شدند و مقدار عنصر زیرکنیم آنها به ترتیب ۱۹۷ ppm و ۲۳۵ به دست آمد که با محاسبه، مقدار کانی زیرکن در آنها به ترتیب ۳۹۶ و ۴۷۲ می‌باشد.

# فصل چهارم

## آماده‌سازی نمونه و

## آزمایش‌های کانه‌آرایی

## ۴- آماده‌سازی نمونه و آزمایش‌های کانه‌آرایی

نهشته‌های سطحی و زیرسطحی (تا حداکثر عمق یک متر) شاه‌رود واقع در بخش جنوبی روستای پارودبار به دلیل عیار بالاتر زیرکن و دیگر کانی‌های سنگین و همچنین وجود ذرات طلا، به منظور دستیابی به اطلاعات عملیاتی درخصوص فرآوری و مراحل مختلف تغلیظ زیرکن انتخاب گردید.

### ۴-۱- عملیات انجام گرفته روی نمونه اول

#### ۴-۱-۱- آماده‌سازی نمونه

مقدار ۳۰۰ کیلوگرم نمونه جهت انجام آزمایش‌های فرآوری تحویل گرفته شد. به روش مخروط و ربع کردن دو نمونه ۸۰-۷۰ کیلوگرمی تقسیم شد. یکی از این نمونه‌ها توسط سنگ‌شکن‌های فکی (بزرگ و کوچک) و غلتکی تا زیر ۷ مش (۲۸۳۰ میکرون) خرد گردید و از آن چند نمونه معرف گرفته شد که برای شناسایی نمونه اولیه از آنها استفاده گردید. نتایج این نمونه‌ها در بخش شناسایی نمونه موجود می‌باشد.

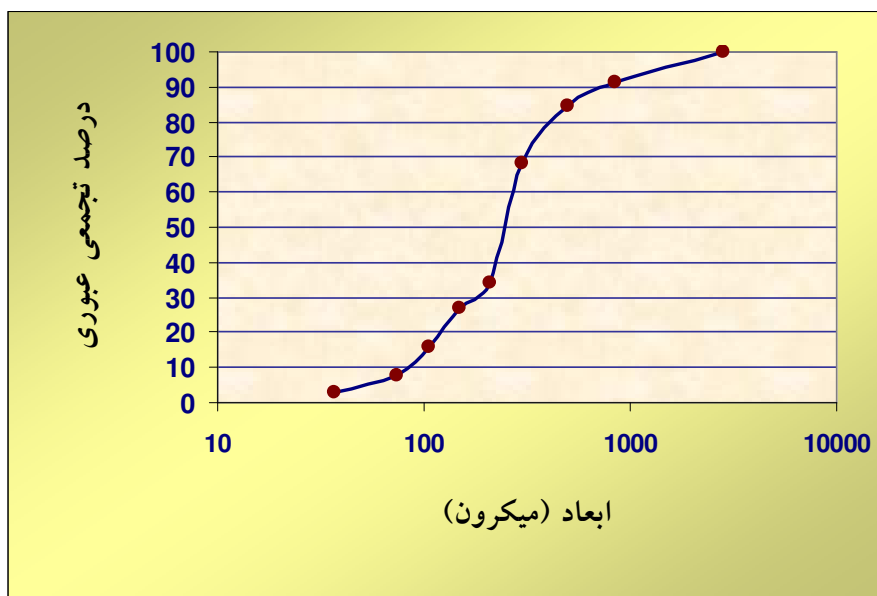
نمونه ۸۰-۷۰ کیلوگرمی دیگر توسط سرنده ۷ مش الک شد و مواد درشت روی سرنده که حدود ۳۵ درصد بار اولیه بود کنار گذاشته شد و مواد ریزتر توسط ریفل (تقسیم‌کننده شانه‌ای) به بسته‌های ۲ کیلوگرمی تقسیم شد که برای آزمایش‌های کانه‌آرایی کنار گذاشته شدند. همچنین از محصول زیر سرنده

نمونه‌گیری و برای شناسایی نمونه و تعیین عیار مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در بخش شناسایی نمونه موجود می‌باشد.

#### ۴-۱-۲- دانه‌بندی

هدف: بررسی توزیع کانی‌ها در دانه‌بندی‌های مختلف

دو کیلوگرم از نمونه، تجزیه سرنندی شد که در آن سرندهای ۲۰، ۳۵، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰، ۱۴۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ استفاده شد. مواد روی هر سرنده وزن و برای انجام آنالیزهای مورد نظر نمونه‌گیری گردید. در جدول ۴-۱ نتایج این دانه‌بندی همراه با عیار بخش‌های مختلف ارائه شده است. در شکل ۴-۱ نیز منحنی دانه‌بندی ارائه شده است.



شکل ۴-۱- منحنی دانه‌بندی نمونه

جدول ۴-۱- نتیجه دانه‌بندی نمونه

توزیع (%)		عیار						درصد وزنی	وزن (گرم)	دانه‌بندی	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr	Ag (ppm)	TiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Au (ppb)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Zr (ppm)			میکرون	مش
۳/۷۴	۸/۷۴	۱/۰۳	۰/۳۱	۳/۳۲	۱	۳۷۶	۱۸۷	۸/۶۶	۱۷۳/۲	-۲۸۳۰+۸۴۰	-۷+۲۰
۴/۱۶	۵/۰۶	<۱	۰/۶۱	۴/۸۴	۱	۲۸۵	۱۴۲	۶/۶۱	۱۳۲/۲	-۸۴۰+۵۰۰	-۲۰+۳۵
۱۲/۰۶	۱۲/۴	<۱	۰/۸۴	۵/۶	۲	۲۷۹	۱۳۹	۱۶/۵۴	۳۳۰/۸	-۵۰۰+۲۹۷	-۳۵+۵۰
۳۳/۸۸	۳۳/۳۷	<۱	۰/۹	۷/۶۶	۱	۳۶۶	۱۸۲	۳۳/۹۸	۶۷۹/۶	-۲۹۷+۲۱۰	-۵۰+۷۰
۹/۵	۷/۷۸	<۱	۱/۱	۹/۸۲	۱	۳۹۰	۱۹۴	۷/۴۳	۱۴۸/۶	-۲۱۰+۱۴۹	-۷۰+۱۰۰
۱۵/۲۳	۱۴/۵۷	۲/۱۲	۱/۳۳	۱۰/۵۳	۳	۴۸۸	۲۴۳	۱۱/۱۱	۲۲۲/۲	-۱۴۹+۱۰۵	-۱۰۰+۱۴۰
۱۲/۷۹	۸/۸۵	<۱	۱/۶۸	۱۲/۲۲	۱	۴۱۰	۲۰۴	۸/۰۴	۱۶۰/۸	-۱۰۵+۷۴	-۱۴۰+۲۰۰
۵/۶۲	۵/۶۶	۲	۱/۳۶	۹/۲۷	۱	۴۵۲	۲۲۵	۴/۶۶	۹۳/۲	-۷۴+۳۷	-۲۰۰+۴۰۰
۳/۰۲	۳/۵۷	۱/۶۱	۱/۲۳	۷/۸	۵	۴۴۸	۲۲۳	۲/۹۷	۵۹/۴	-۳۷	-۴۰۰
۱۰۰	۱۰۰	x	۰/۹۸	۷/۶۸	۱/۵	۳۷۲	۱۸۵/۳۴	۱۰۰	۲۰۰۰	مجموع	

نتیجه: در دانه‌بندی‌های مختلف، اختلاف زیادی در توزیع عیار کانی‌ها بجز اکسید آهن وجود

ندارد یعنی هیچکدام از کانی‌های بررسی شده در دانه‌بندی خاصی تمرکز ندارند.

#### ۴-۱-۳- آزمایش جیگ

هدف: بررسی جدایش ثقلی در دانه‌بندی درشت

بر روی ۵۰۰ گرم نمونه دانه‌بندی شده ۱۸+۷- مش (۱۰۰۰+۲۸۳۰- میکرون) آزمایش جیگ

انجام شد.



در ابتدا نمونه اولیه از سرنده ۱۸ مش عبور داده شد و محصول روی سرنده برای انجام آزمایش برداشته شد. از این آزمایش دو محصول سنگین و سبک بدست آمد که نتایج آن در جدول ۴-۲ ارائه شده است.

جدول ۴-۲- نتایج آزمایش جیگ بر روی دانه بندی ۱۸+۷- مش

بازیابی (%)		عیار			درصدوزنی	وزن (گرم)	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Zr (ppm)			
۶۲/۳۳	۶۰/۰۵	۶/۵	۴۷۶	۲۳۷	۵۲/۶	۲۶۳	سنگین
۳۷/۶۷	۳۹/۹۵	۴/۳۶	۳۵۲	۱۷۵	۴۷/۴	۲۳۷	سبک
۱۰۰	۱۰۰	۵/۴۹	۴۱۷	۲۰۸	۱۰۰	۵۰۰	مجموع

نتیجه: از آزمایش جیگ نتیجه مطلوبی حاصل نشد یعنی در بخش سنگین عیار زیرکن و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> افزایش زیادی از خود نشان ندادند.

#### ۴-۱-۴- آزمایش میز لرزان

هدف: بررسی جدایش ثقلی در دانه بندی ریز

برای انجام آزمایش میز لرزان ۶ کیلوگرم ماده سرنده شده توسط الک ۱۸ مش (۱۰۰۰ میکرون)

مورد استفاده قرار گرفت. شرایط این آزمایش بصورت زیر بود.

وزن اولیه: ۶۰۰۰ گرم

دبی آب شستشو: ۸ لیتر در دقیقه

دبی خوراک: ۱۱۰۰ گرم در دقیقه

شیب میز: ۴ درجه

از این آزمایش، ۶ محصول گرفته شد که سنگین‌ترین آنها محصول شماره ۱ و سبک‌ترین آن‌ها محصول شماره ۶ می‌باشد. نتایج این آزمایش در جدول ۳-۴ ارائه شده است.

جدول ۳-۴- نتایج آزمایش میز لرزان بر روی دانه بندی ۱۸- مش

بازیابی (%)		عیار			درصد وزنی	وزن (گرم)	محصول
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Zr (ppm)			
۳۲/۰۸	۱۰/۲۶	۲۳/۱۳	۵۴۷	۲۷۲	۹/۵۱	۵۷۰/۶	محصول شماره ۱
۳/۱۷	۲/۴۶	۸/۵۲	۴۸۸	۲۴۳	۲/۵۵	۱۵۳	محصول شماره ۲
۱۵/۸۹	۱۸/۵۱	۵/۸۶	۵۰۴	۲۵۱	۱۸/۵۹	۱۱۱۵/۴	محصول شماره ۳
۱۷/۱۸	۲۲/۹۴	۵/۱۱	۵۰۴	۲۵۱	۲۳/۰۵	۱۳۸۳	محصول شماره ۴
۲۴/۴۷	۳۸/۹۳	۴/۵۸	۵۳۹	۲۶۸	۳۶/۶۳	۲۱۹۷/۸	محصول شماره ۵
۷/۲۱	۶/۹	۵/۱۱	۳۶۲	۱۸۰	۹/۶۷	۵۸۰/۲	محصول شماره ۶
۱۰۰	۱۰۰	۶/۸۶	۵۰۷	۲۵۲	۱۰۰	۶۰۰۰	مجموع

### نتیجه

۱- در بهترین محصول عیار زیرکن فقط تا ۵۴۷ ppm افزایش یافته است.

۲- در محصول شماره ۶ عیار زیرکن به ۳۶۲ ppm می‌رسد که نشان دهنده عدم جدایش مناسب زیرکن است.

۳- عیار اکسید آهن در محصول پرعیار (محصول شماره ۱) به حدود ۲۳ درصد افزایش یافته است.

## ۴-۱-۵- آزمایش مغناطیسی

**هدف:** پرعیار کردن مگنتیت و در نتیجه آن افزایش عیار زیرکن

بر روی محصول پرعیار (سنگین) بدست آمده از میز لرزان، آزمایش مغناطیسی خشک انجام گردید. این آزمایش ابتدا با شدت جریان ۰/۲ آمپر انجام شد که از آن دو بخش مغناطیسی و غیرمغناطیسی بدست آمد. بخش مغناطیسی دوباره از دستگاه مغناطیسی با شدت جریان ۰/۱ آمپر عبور داده شد تا در بخش مغناطیسی یک محصول پرعیار بدست آید. بخش مغناطیسی محصول شماره ۱ و بخش غیر مغناطیسی محصول شماره ۲ نامیده شد.

بخش غیر مغناطیسی مرحله اول (آزمایش با شدت جریان ۰/۲ آمپر) از دستگاه مغناطیسی با شدت جریان ۵ آمپر عبور داده شد تا کانی‌های آهن موجود در نمونه جدایش یابد و انتظار می‌رفت هماتیت در بخش مغناطیسی این جدایش تجمع پیدا کند که محصول شماره ۳ نامیده شد. بخش غیرمغناطیسی نیز محصول شماره ۴ نامگذاری شد. نتایج این آزمایش در جدول ۴-۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۴- نتایج آزمایش مغناطیسی خشک بر روی محصول پر عیار میز لرزان

محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار						بازیابی (%)		
			Zr (ppm)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (total)(%)	FeO (%)	مگنتیت (%)	هماتیت (%)	Zr	مگنتیت	هماتیت
محصول شماره ۱	۱۷۸/۵۸	۳۵/۷۷	۳۴۰	۶۸۳	۴۲/۳۹	۹/۳	۲۹/۹۷	۲۱/۷۲	۴۹/۰۴	۵۳/۱۱	۶۹/۴
محصول شماره ۲	۶۶/۴	۱۳/۲۸	۲۳۵	۴۷۲	۱۷/۵۲	۵/۵۷	۱۷/۹۵	۵/۱۴	۱۲/۵۹	۱۱/۸۱	۶/۱
محصول شماره ۳	۲۱۰/۰۵	۴۲/۰۱	۱۸۵	۳۷۲	۱۶/۸۸	۴/۷۸	۱۵/۴	۶/۲۶	۳۱/۳۴	۳۲/۰۵	۲۳/۴۹
محصول شماره ۴	۴۴/۷	۸/۹۴	۱۹۵	۳۹۲	۵/۹۸	۲/۱۲	۶/۸۳	۱/۲۷	۷/۰۳	۳/۰۳	۱/۰۱
مجموع	۵۰۰	۱۰۰	۲۴۸	۴۹۸	۳۵/۱۲	۶/۲۶	۲۰/۱۸	۱۱/۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

## نتیجه

۱- در بهترین محصول عیار زیرکن تا ۶۸۳ ppm افزایش یافت.

۲- بر خلاف انتظار زیرکن در بخش مغناطیسی بیشترین عیار را داشت.

۳- در محصول نهایی عیار مگنتیت ۲۹/۹۷ درصد و عیار هماتیت ۲۱/۷۲ درصد می‌باشد که از نظر عیار

برای استحصال آهن مناسب نمی‌باشد.

محصولات حاصل از جدایش مغناطیسی محصول پرعیار میز لرزان به منظور اندازه‌گیری مجدد

مقدار زیرکن، با روش ICP مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در جدول ۴-۵ نشان

داده شده است.

جدول ۴-۵- مقدار زیرکن موجود در محصولات حاصل از جدایش مغناطیسی محصول پرعیار میز لرزان

محصول	عیار Zr(ppm)	عیار ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)
محصول شماره ۱	۸۵	۱۷۰/۸۱
محصول شماره ۲	۹۳/۹	۱۸۸/۷۰
محصول شماره ۳	۷۶/۱	۱۵۲/۹۳
محصول شماره ۴	۶۰/۱	۱۲۰/۷۷

#### ۴-۲- عملیات انجام گرفته روی نمونه دوم

##### ۴-۲-۱- آماده‌سازی نمونه

پس از آنکه از آزمایش‌های انجام گرفته بر روی نمونه اول نتایج مناسبی گرفته نشد. نمونه دیگری از منطقه به وزن ۶۰ کیلوگرم برداشت شد که این نمونه بیشتر از مناطق سطحی گرفته شده و مرطوب بود. در ابتدا این نمونه خشک شد و سپس توسط سرند ۲۰ مش (۸۴۰ میکرون) الک گردید که محصول روی سرند حدود ۲۷ درصد وزنی نمونه اولیه بود.

محصول زیر سرند توسط ریفل (تقسیم‌کننده شانه‌ای) به بسته‌های ۲ کیلوگرمی تقسیم شد و یک نمونه معرف از آن گرفته و برای آنالیز ارسال گردید. عیار عنصر زیرکنیم و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در آن به ترتیب ppm ۱۲۰ و ۷/۴ درصد بود که عیار کانی زیرکن در آن ppm ۲۴۱ محاسبه گردید.

## ۴-۲-۲- دانه‌بندی

هدف: بررسی وجود زیرکن در دانه‌بندی‌های درشت و نحوه درگیری آن

با توجه به اینکه کانی زیرکن در آزمایش‌های انجام شده قبلی جدایش خوبی نداشت و در دانه‌بندی‌های مختلف نیز زیرکن وجود داشت تصمیم گرفته شد که بخش درشت (بالای ۲۰ مش) دانه‌بندی و وجود زیرکن در آنها بررسی شود. به همین منظور محصول روی سرند ۲۰ مش (۸۴۰ میکرون) توسط سرندهایی با ابعاد ۲۶۶۷۰، ۱۳۳۳۰، ۶۶۸۰ میکرون الک گردید که نتایج آن در جدول ۴-۶ ارائه شده است.

جدول ۴-۶- نحوه توزیع زیرکن در دانه‌بندی‌های درشت

توزیع (%)		عیار			درصدوزنی	وزن (گرم)	دانه بندی (میکرون)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Zr (ppm)			
۳۳/۶۷	۳۳/۶۷	۴/۶	۱۸۱	۹۰	۲۹/۵۵	۴۴۳۲/۵	+۲۶۶۷۰
۲۵/۶۲	۲۷/۴۵	۳/۹۶	۱۶۷	۸۳	۲۶/۱۲	۳۹۱۸	-۲۶۶۷۰+۱۳۳۳۰
۱۸/۱	۱۱/۷۳	۴/۳۴	۱۱۱	۵۵	۱۶/۸۴	۲۵۲۶	-۱۳۳۳۰+۶۶۸۰
۲۲/۶۱	۲۷/۱۵	۳/۳۲	۱۵۷	۷۸	۲۷/۴۹	۴۰۰۰	-۶۶۸۰
۱۰۰	۱۰۰	۴/۰۴	۱۵۹	۷۹	۱۰۰	۱۵۰۰۰	مجموع

نتیجه: همانطور که در جدول ۴-۶ نشان داده شده است، زیرکن در دانه‌بندی‌های درشت یعنی

قلوه‌سنگ‌ها نیز وجود دارد و می‌توان نتیجه گرفت بین زیرکن و سنگ میزبان درگیری فیزیکی وجود دارد.

## ۴-۲-۳- آزمایش اسپیرال

هدف: بررسی جدایش ثقلی زیرکن، مگنتیت و هماتیت

برای انجام این آزمایش ۱۰/۵ کیلوگرم ماده زیر ۲۰ مش انتخاب و در چرخه اسپیرال وارد گردید. بعد از به تعادل رسیدن مدار اسپیرال و تنظیم دریچه‌های خروجی، چند نمونه از خروجی‌های اسپیرال گرفته شد که نتایج آن در جدول ۴-۷ نشان داده شده است. بعد از گرفتن این نمونه‌ها، مواد از خروجی‌های مختلف گرفته شد. تفاوت محصول نهایی با نمونه‌های گرفته شده قبلی در این است که نمونه‌ها در حالت تعادل دستگاه گرفته شده‌اند ولی در محصولات نهایی درصد جامد پالپ دائماً در حال کاهش می‌باشد.

بر روی بخش سنگین و پرعیار یکبار دیگر آزمایش اسپیرال انجام شد و پرعیار نهایی بدست آمد. نتیجه این آزمایش در جدول ۴-۸ ارائه شده است.

جدول ۴-۷- نتایج نمونه‌های گرفته شده از آزمایش اسپیرال

بازیابی (%)		عیار			درصد وزنی	وزن (گرم)	محصول
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Zr (ppm)			
۴۶/۳۹	۵۲/۳	۵/۱۱	۲۳۱	۱۱۵	۶۸/۷	۳۴۳/۵	پرعیار
۵۰/۴۵	۴۴/۰۱	۱۳/۷۸	۴۸۲	۲۴۰	۲۷/۷	۱۳۸/۵	میانی
۳/۱۶	۳/۶۹	۶/۶۴	۳۱۱	۱۵۵	۳/۶	۱۸	باطله
۱۰۰	۱۰۰	۷/۵۷	۳۰۴	۱۵۱	۱۰۰	۵۰۰	مجموع

جدول ۴-۸- نتایج حاصل از آزمایشات اسپیرال

بازیابی (%)		عیار			درصدوزنی	وزن (گرم)	محصول
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Zr (ppm)			
۵۸/۱۹	۴۱/۳۸	۲۳/۴۷	۴۲۲	۲۱۰	۲۸/۲۶	۲۶۲۸	پرعیار نهایی (مرحله دوم)
۲۰/۲۸	۲۶/۲۹	۶/۱۳	۲۰۱	۱۰۰	۳۵/۰۶	۳۵۰۶	میانی مرحله دوم
۱/۹	۴/۰۳	۸/۴۲	۴۵۲	۲۲۵	۲/۳۹	۲۳۹	باطله مرحله دوم
۸۰/۳۷	۷۱/۷	۱۳/۳۷	۳۰۱	۱۵۰	۶۳/۷۳	۶۳۷۳	پرعیار مرحله اول (خوراک مرحله دوم)
۱۴/۷۵	۲۱/۶۴	۵/۳۶	۱۹۹	۹۹	۲۹/۱۶	۲۹۱۶	میانی مرحله اول
۴/۸۸	۶/۶۶	۷/۲۸	۲۵۱	۱۲۵	۷/۱۱	۷۱۱	باطله مرحله اول
۱۰۰	۱۰۰	۱۰/۶	۲۶۷	۱۳۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	مجموع

## نتیجه

۱- در بخش سنگین اسپیرال عیار زیرکن به حد ۴۲۲ ppm رسید.

۲- با توجه به عیار محصولات مختلف مشاهده می‌شود که جدایش مناسبی برای زیرکن وجود نداشته است.

۳- عیار اکسید آهن در محصول پرعیار به ۲۳/۴۷ درصد رسیده است.



## ۴-۲-۴- آزمایش مغناطیسی

هدف: پرعیار کردن مگنتیت و در نتیجه افزایش عیار زیرکن

بر روی محصول پرعیار (سنگین) بدست آمده از اسپیرال، آزمایش مغناطیسی خشک انجام گردید. روش کار همانند جدایش‌های مغناطیسی انجام شده بر روی محصول پرعیار میز لرزان بود. در نهایت ۴ محصول از این آزمایش مغناطیسی حاصل گردید که نتایج آن در جدول ۴-۹ نشان داده شده است.

جدول ۴-۹- آزمایش مغناطیسی خشک بر روی محصول پرعیار اسپیرال

توزیع (%)		عیار							درصد وزنی	وزن (گرم)	محصول
هماتیت	مگنتیت	Zr	هماتیت (%)	مگنتیت (%)	FeO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Total) (%)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)	Zr (ppm)			
۶۵/۷۵	۶۳/۲۶	۴۴/۱۸	۲۱/۰۷	۲۴/۳۹	۷/۵۷	۳۷/۸۹	۴۹۲	۲۴۵	۳۷/۸۷	۹۴۶/۷۵	محصول شماره ۱
۱۶/۷۱	۱۴/۹۸	۲۵/۲۳	۸/۹۹	۹/۷	۳/۰۱	۱۵/۶۸	۴۷۲	۲۳۵	۲۲/۵۵	۵۶۳/۷۵	محصول شماره ۲
۱۵/۱۱	۱۰/۰۷	۸/۴۷	۱۴/۹۶	۱۱/۹۹	۳/۷۲	۲۳/۲۳	۲۹۱	۱۴۵	۱۲/۲۶	۳۰۶/۵	محصول شماره ۳
۲/۴۳	۱۱/۶۹	۲۲/۱۲	۱/۰۸	۶/۲۵	۱/۹۴	۵/۳۹	۳۴۲	۱۷۰	۲۷/۳۲	۶۸۳	محصول شماره ۴
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۲/۱۴	۱۴/۶	۴/۵۳	۲۲/۲	۴۲۲	۲۱۰	۱۰۰	۲۵۰۰	مجموع

## نتیجه

- ۱- در بهترین محصول عیار زیرکن به ۴۹۲ ppm رسید.
- ۲- برخلاف انتظار زیرکن در بخش مغناطیسی بیشترین عیار را داشت.
- ۳- در محصول مغناطیسی نهایی عیار مگنتیت ۲۴/۳۹ درصد و عیار هماتیت ۲۱/۰۷ درصد می‌باشد و از نظر عیار برای استحصال آهن مناسب نمی‌باشد.
- محصولات حاصل از جدایش مغناطیسی محصول پرعیار اسپیرال به منظور اندازه‌گیری مجدد مقدار زیرکن، با روش ICP مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در جدول ۴-۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۰- مقدار زیرکن موجود در محصولات حاصل از جدایش مغناطیسی محصول پرعیار اسپیرال

محصول	Zr (ppm)	ZrSiO <sub>4</sub> (ppm)
محصول شماره ۱	۹۸	۱۹۶/۹۳
محصول شماره ۲	۹۱/۳	۱۸۳/۴۷
محصول شماره ۳	۹۵/۲	۱۹۱/۳۱
محصول شماره ۴	۶۲/۲	۱۲۴/۹۹

# فصل پنجم

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

## ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۱- کانی‌های آنورتیت، کوارتز، کلسیت، هماتیت، ایلیت در آنالیز به روش XRD نمونه اولیه مشخص شد.
- ۲- در آنالیز نمونه اولیه به روش XRF، میزان  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  به ترتیب ۷/۱۷، ۱/۰۲، ۴۹/۶۱ درصد گزارش گردید.
- ۳- توسط تجزیه شیمیایی، میزان  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  در نمونه اولیه به ترتیب ۷/۸۲، ۰/۹۸، ۵۳/۵۷ درصد گزارش شد.
- ۴- میزان سرب و نقره در نمونه ۳ ppm و ۱۴۶ گزارش گردید.
- ۵- مقدار طلا در نمونه کم و برابر ۱ ppb گزارش شد.
- ۶- میزان زیرکن در نمونه ۳۹۶ ppm تشخیص داده شد.
- ۷- با جدا کردن بخش درشت‌تر از ۲۸۳۰ میکرون افزایش عیاری در بخش کوچکتر از ۲۸۳۰ میکرون مشاهده نگردید. بطوریکه مقدار  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ، ۶/۷۴ درصد،  $\text{TiO}_2$  ۰/۷ درصد، نقره ۷ ppm، سرب ۷۵ ppm، طلا ۱ ppb و زیرکن (ppm) ۴۷۲ می‌باشد.
- ۸- با عملیات دانه‌بندی، مشخص گردید که توزیع عیار در دانه‌بندی‌های مختلف تقریباً یکسان است و با دانه‌بندی نمی‌توان محصول پرعیاری بدست آورد و یا بخشی از دانه‌بندی را حذف نمود.
- ۹- با دانه‌بندی در ابعاد درشت مشاهده شد که زیرکن در آنها نیز موجود می‌باشد. در ابعاد درشت‌تر از ۲/۶ سانتیمتر، میزان ۱۸۱ ppm زیرکن گزارش گردید که می‌تواند نشان دهنده درگیری فیزیکی زیرکن با سنگ دربرگیرنده‌اش باشد.

۱۰- در روش‌های ثقلی همچون جیگ، میز لرزان و اسپیرال افزایش چشمگیری در عیار زیرکن حاصل نگردید فقط در میز لرزان و اسپیرال میزان  $Fe_2O_3$  افزایش یافت. عدم جدایش مطلوب زیرکن می‌تواند به دلیل درگیری فیزیکی باشد. جدایش‌های ثقلی نشان‌دهنده جدایش نسبی زیرکن و اکسیدهای آهن در جدایش ثقلی به روش اسپیرال می‌باشد. علاوه بر این، در جدایش ثقلی به روش اسپیرال، تکرار جدایش‌های ثقلی محصول پرعیار اولیه، از طریق سیستم‌های متوالی شستشو و همچنین بازیابی مجدد زیرکن و اکسیدهای آهن موجود در محصولات میانی و باطله از طریق سیستم‌های موازی رمق‌گیر، امکان افزایش محدود عیار زیرکن و اکسیدهای آهن را فراهم می‌نماید.

۱۱- با انجام آزمایش مغناطیسی بر روی محصولات پرعیار میز لرزان و اسپیرال عیار مناسبی برای مگنتیت و هماتیت بدست نیامد و مشخص گردید که جدایش مغناطیسی کانه‌های مگنتیت و مارتیت به دلیل درگیری فیزیکی کانه‌های مذکور، محدود بوده و دستیابی به عیارهای بالا در مگنتیت و مارتیت با روش‌های مغناطیسی، امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۱۲- براساس نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی، کانی‌های پارامنیتیک، به ترتیب فراوانی شامل پیروکسن، مگنتیت‌های مارتیتی شده، مارتیت و هماتیت می‌باشند. درگیری فیزیکی کانه‌های مگنتیت و مارتیت و همچنین وجود درصد بالایی از پیروکسن، موجب کاهش بازدهی عملیات جدایش‌های مغناطیسی می‌گردد. نتایج عملیاتی حاصل از جدایش‌های مغناطیسی خشک محصولات پرعیار میز لرزان و اسپیرال تاییدی بر این خصوصیت می‌باشد. بنابراین، جدایش مغناطیسی کانه‌های مگنتیت و مارتیت محدود بوده و دستیابی به عیارهای بالا در مگنتیت و مارتیت، امکان‌پذیر نمی‌باشد.

## منابع و مراجع

- ۱- میسون، ب.، مر، ک.، ۱۳۸۰، اصول ژئوشیمی، ترجمه مر، ف.، شرفی، ا.، ۲۰۱ و ۲۰۲ ص.
- ۲- عابدیان، ن.، ۱۳۶۷، زمین‌شناسی اقتصادی و ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی دیرگدازها، ۳۶۸-۳۷۷ ص.
- ۳- ژیلبرت، ج.، ۱۳۷۸، زمین‌شناسی کانسارها، ترجمه علیرضایی، س.، ۹۰۲ و ۹۰۳ ص.
- ۴- اوانز، آ.، ۱۳۷۳، مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی کانسنگ‌ها، ترجمه مر، ف.، مقدسی، ج.، ۳۵۸ ص.
- ۵- عباسیان، م.، ۱۳۷۰، تهیه و تولید سرامیک‌ها- مواد نسوز- شیشه- گچ- آهک، ۱۴۰ و ۳۰۵ و ۵۰۵ و ۵۸۵-۵۸۱ ص.
- ۶- طهیری، ک.، طهیری، ن.، ۱۳۸۴، بهینه‌سازی خشت‌های سیلیسی مورد مصرف در کوره‌های شیشه‌گری و بلورسازی سنتی ایران، ۲۱ و ۲۹-۲۵ ص.
- ۷- سالنامه آمار بازرگانی خارجی کشور، ۱۳۸۵، ۱۳۸۴، شش ماهه اول ۱۳۸۶، گمرک جمهوری اسلامی ایران، ۶۱ و ۶۲ و ۵۰۲ و ۵۰۳ و ۶۴۹ و ۶۵۳ ص.
- ۸- آقائباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، ۵۳-۵۰ و ۸۷-۸۰ و ۵۷۴-۵۷۸ ص.
- ۹- آنگالن، ۱۹۶۸، زون‌های زمین‌شناسی البرز.
- ۱۰- شرح نقشه زمین‌شناسی چهار گوش‌های قزوین- رشت (۱/۲۵۰۰۰۰)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۱- نقشه زمین‌شناسی چهار گوش‌های قزوین- رشت (۱/۲۵۰۰۰۰)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- ۱۲- نقشه زمین‌شناسی چهار گوش زنجان (۱/۲۵۰۰۰۰)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۳- حسنی پاک، ۱۳۷۱، نمونه‌برداری مواد معدنی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۹۷-۱۶۹ ص.
- ۱۴- اطلس راه‌های ایران (مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰۰)، ۱۳۸۳، موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی، ۱۵ ص.
- ۱۵- آزر، ف.، ۱۳۶۹، کاربرد علمی و اقتصادی ونحوه مطالعه کمی و کیفی کانی‌های سنگین، گروه ژئوشیمی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۲ ص.
- ۱۶- کوثری، س.، شمس، م.، ۱۳۷۰، اکتشافات نیمه‌تفصیلی تیتانیوم در سواحل گیلان، گروه ژئوشیمی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵-۱ ص.
- ۱۷- میدل‌مست، ا.، ۱۳۷۷، ماگماها و سنگهای ماگمایی، ترجمه درویش زاده، ا.، آسیابان‌ها، ا.، ۳۰۱ و ۴۲۷ ص.
- ۱۸- معین‌وزیری، ح.، احمدی، ع.، ۱۳۸۰، پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین، ۲۴ ص.
- ۱۹- رضایی، ب.، ۱۳۷۷، تکنولوژی فرآوری مواد معدنی، ۴ و ۷ و ۴۲ و ۵۵ و ۱۰۰-۹۷ و ۱۲۷-۱۲۴ و ۱۵۷-۱۵۱ ص.
- ۲۰- آیت، م. ق.، ۱۳۸۵، جزوه واحد فرآوری دوره کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، پژوهشکده علوم زمین.
- ۲۱- آیت، م. ق.، مشاوره حضوری، سازمان توصیه صنعتی ملل متحد، بهمن ۱۳۸۵، فروردین ۱۳۸۶، خرداد، ۱۳۶۶
- ۲۲- نعمت‌اللهی، ح.، کانه‌آرایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۹۱-۱۸۹ و ۳۰۴ و ۳۴۷ و ۳۵۲ ص.

۱۳- طهیری، ک.، ۱۳۸۵، بررسی‌های اکتشافی زیرکن در نهشته‌های سواحل چمنخاله - زیباکنار، شاه‌رود، طالقان‌رود، الموت‌رود و فراوری مقدماتی زیرکن در نهشته‌های رودخانه شاه‌رود (منطقه پارودبار)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی، گرایش زمین‌شناسی اقتصادی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

24- Roskill, 1988, THE ECONOMIC OF ZIRCONIUM, p.5-8, 11,114, 121-122,171-172, 176-178.

25- INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS 4<sup>th</sup> Edition, Soc. For Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, 1975.

26- INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS, 6<sup>th</sup> Edition, Soc. For Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, 1994.

27- Mineral sands annual review 1997. TZMI.

28- The use of zircon in refractories for glassmaking, Dainel Urffer, SEPR centre de Recherches, May 1995.

29- Mineral Commodity Summaries, 1997, USGS.

30- DANA, J., KLEIN, C., HURLBUT, C., Manual of mineralogy, Twenty-first edition (revised), p. 338, 379, 380-383, 433, 475, 478.

31- A.Z.M. ABOUZEID, 1990, Mineral processing laboratory manual, p.83.

32- B.A.WILLS, 1992, Mineral processing technology, 5<sup>th</sup> Edn, pergamon press, p. 411-425, 430-447.

33- K.S.E. Forssberg and E.Sandstorm, 1981, Operational characteristics of the Reichert cone in ore processing-proceedings of III int, Mine proce.cong, p. 1424-1452.

34- N.L. WEISS, 1985, Mineral processing handbook, SME.Pub.Vol-1, P. 4-32, 432-450.



- 35- R.O.BURT, 1984, Gravity concentration technology, p. 221-231, 289-313.
- 36- P.J.POTTS, 1992, A Handbook of silicate rock analysis, 167-169.

# پوست