Archive of SID

IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 16, No. 1, Spring 1387/2008

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Mineralogical Investigations of Shahid Nilchian (Dopelan) Bauxite Deposit

S.M. Hosseini, S.H. Mojtahedzadeh, A.H. Kohsary, A. Dehghani

Mining & Metallurgy Engineering dept., Faculty of Eng., Yazd University
Email: Kohsary@yahoo.com

(Received: 29/8/2006, in revised form:24/6/2007)

Abstract: Shahid Nilchian (Dopelan) deposit, located in high mountains of Chahar-Mahal Bakhtiari Province within the Zagros Thrust structural unit, is one of the main bauxite and argillite deposits of Iran. Many highly folded and faulted sedimentary successions are cropped in the area. The bauxite of Shahid Nilchian deposit is of lateritic type and belongs to Permo-Triassic in age. Five bauxite types with different quality have been recognized in the area. Mineralogical investigations have carried out using thin and polished sections, XRD and XRF analysis. According to these studies, it is verified that the major minerals are diaspore and kaolinite. Anatase and boehmite has identified as minor minerals. Some other elements such as iron, zirconium and vanadium are also presented in different minerals. The main identified textures are brecciated and pisolitic. In its application as refractory material, minerals containing iron, silica and titanium are the important gangues of bauxite. The main objective of this mineralogical study is to identify the minerals of the above mentioned elements. It is concluded that kaolinite, anatase and different iron oxides are the main sources of these elements.

Keywords: *Doplan Deposit, Zagros Trust, Mineralogy, Bauxite, Diaspore.*

www.SID.ir

Archive of SID

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال شانزدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۸۷، از صفحهٔ ۲۱ تا ۳۰

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مطالعات کانی‌شناسی کانسار بوکسیت شهید نیلچیان (دوپلان)

سیدمهدی‌حسینی، سیدحسین‌مجتهدزاده، امیرحسین‌کوهساری، علی‌دهقانی

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد

پست الکترونیکی: Kohsary@yahoo.com

(دریافت مقاله ۱۳۸۵/۶/۷، نسخه نهایی ۱۳۸۶/۴/۲)

چکیده: کانسار شهید نیلچیان (دوپلان) یکی از ذخایر مهم بوکسیت و آرژیلیت ایران است. این ذخیره در ارتفاعات چهارمحال و بختیاری در روراندگیهای زاگرس قرار گرفته است. سازندهای زیادی در منطقه رخنمون دارد که به شدت چین خورده و گسلیده شده‌اند. ژنز این ذخیره از نوع لاتریتی بوده و از لحاظ سنی مربوط به دوره پرموتریاس است. در این منطقه ۵ نوع بوکسیت با خصوصیتهای مختلف شناسایی شده است. بررسی‌های کانی‌شناسی براساس مطالعات میکروسکوپیکی تیغهٔ نازک و مقطع صیقلی و مطالعات XRD و XRF روی هر ۵ نوع بوکسیت صورت گرفته است. براساس این مطالعات مشخص شد که کانی اصلی در این کانسار دیاسپور و کائولینیت بوده و کانی‌های آناتاز و بوهمیت به عنوان کانی فرعی شناسایی شده است. علاوه بر این کانی‌ها در این کانسار، عناصری مانند آهن (به صورت کانیهای هماتیت و گوتیت و پیریت)، زیرکونیوم (احتمالاً به صورت کانی زیرکون) و وانادیوم نیز به میزان قابل توجهی مشاهده شده است. بافت متداول در این کانسار، بافت برشی و پیزولیتی است. بر اساس نوع کاربرد مادهٔ معدنی به عنوان نسوز، آهن، سیلیسیم، و تیتانیوم مهمترین عناصر مزاحم این کانسار محسوب می‌شوند. یکی از اهداف مهم این کار پژوهشی، تشخیص نوع کانی‌های خاستگاه این عناصر و چگونگی درگیری این کانی‌ها در این کانسار به منظور انتخاب و طراحی روش مناسب برای فراوری و کاهش عناصر مزاحم است. بر این اساس، مشخص شد که کائولن، اکسیدها، سولفورهای آهن (هماتیت و گوتیت و پیریت) و آناتاز مهم‌ترین کانی‌های حاوی سه عنصر سیلیسیم، آهن و تیتانیوم هستند.

واژه‌های کلیدی: *بوکسیت، روراندگی زاگرس، دیاسپور، کانسار دوپلان، کانی‌شناسی.*

مقدمه

کانسار شهید نیلچیان (دوپلان) در ۲۱۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان و ۱۱۰ کیلومتری جنوب شهرکرد، بعد از شهرهای اردل و ناغان قرار گرفته است. معدن مورد نظر در ارتفاع ۲۴۵۰ تا ۱۹۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته و از جادهٔ آسفالته اردل - ایذه با یک جادهٔ انحرافی از مسیر اصلی جدا شده است (شکل ۱). نزدیک‌ترین فاصلهٔ ارتباطی معدن تا کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان از طریق مبارکه (خط شاه لوله گاز) به طول ۱۷۰ کیلومتر است. در حال حاضر مصرف کنندهٔ عمدهٔ محصولات معدن دو پلان کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان است [۷]. این معدن در سال ۱۳۳۲ کشف شده و یک شرکت روسی کار پی‌جویی نیمه تفصیلی و تفصیلی آن را انجام داده است و در سال ۱۳۴۳ شروع به بهره برداری از کانسار آرژیلیت آن کرده‌اند. پس از انقلاب، این معدن زیر نظر شرکت ملی فولاد ایران و سپس شرکت تهیه و تولید مواد معدنی قرار گرفته است و در حال حاضر به وسیلهٔ شرکت مواد نسوز سپاهان اداره می‌شود. در بیشتر نقاط استخراجی فقط آرژیلیت استخراج شده و بوکسیت که لایهٔ بالایی آرژیلیت را تشکیل می‌دهد در سقف و یا دیوارهٔ معدن به جای مانده است. البته در حال حاضر به درخواست کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان، مقداری از بوکسیت نیز همراه آرژیلیت استخراج می‌شود و برای مصرف به کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان ارسال می‌شود [۷].

www.SID.ir

Archive of SID

از محصول این معدن بیشتر به عنوان مادهٔ نسوز استفاده می‌شود، ولی در آینده با ادامه کار و تحقیق روی این کانسار و برنامه‌ریزی برای استخراج بوکسیت این معدن، می‌توان از آن در صنایع آلومینیوم، کاشی و سفال، ساینده‌ها، صنایع شیمیایی و غیره نیز استفاده کرد. ذخیرهٔ این کانسار حدود ۸ تا ۱۰ میلیون تن آرژیلیت و بوکسیت ارزیابی شد است که در حدود ۴۸ در صد آن مربوط به بوکسیت در این کانسار است [۳].

این مقاله به مطالعهٔ کانی‌شناسی کانسار بوکسیت شهید نیلچیان (دوپلان) می‌پردازد. هدف از مطالعهٔ کانی‌شناسی، تعیین نوع کانی‌ها، مقدار نسبی هر یک از آنها، شکل قرارگیری و نحوه ارتباط، میزان درگیری آنها با هم و به طور کلی بافت آنهاست. از نتایج این کار پژوهشی در بررسی‌های فرآوری این کانسار استفاده شده است. در نوع کاربرد خاص بوکسیت مورد نظر (نسوز) وجود Si ، Ti، Fe زیان آور بوده و در فرایند تولید نسوز فازهای ناخواسته تشکیل می‌دهند که اصولاً مزاحم‌اند. برای اینکه بتوان این سه عنصر را با کانه آرایی کاهش داد نخست لازم است که معلوم شود که این سه عنصر در کدامیک از کانی‌ها متمرکز شده‌اند تا بتوان به حذف کانی‌های بالا در کارهای کانه آرایی اقدام کرد زیرا نوع کانی‌های آهن (اکسید، سولفور یا کربنات و...) و سیلیس (کوارتز، کانی‌های رسی، فلدسپات و ...)، و یا تیتانیوم (اکسیدهای تیتانیوم و اسفن) در ساز و کار و روش پیش گرفته برای حذف موثر است.

زمین‌شناسی

رشته کوه‌های زاگرس از نظر کوهزایی بسیار جوان و فعال بوده و سرعت عوامل فرسایش در مقابل کوهزایی نسبتا کم است. در نتیجه زاگرس دارای ارتفاع زیاد و دره‌های عمیق است [۶]. راستای کلی رشته کوهها و دره‌ها شمال غربی، جنوب شرقی بوده که از روند کلی ساختاری زاگرس پیروی می‌کند. از نظر ریخت‌شناسی معدن دوپلان از سه سمت شمال، شرق، و جنوب محصور به ارتفاعات بوده و از سمت غرب به رودخانهٔ دو پلان که یکی از سرچشمه‌های کارون است منتهی شده است. معدن دوپلان در واحد ساختمانی منطقهٔ رورانده زاگرس قرار دارد و نزدیک به مرز منطقهٔ زاگرس و ایران مرکزی است. به همین دلیل از نظر زمین ساختی کاملا در هم ریخته، خرد شده، و حاوی گسل‌های فراوان است (شکل ۲). به طور کلی منطقهٔ معدن به پیروی از زاگرس درهم ریخته و خرد شده است. این بهم ریختگی و تاثیر زمین ساختی به سمت شرق معدن بیشتر قابل مشاهده است [۲، ۷].

از نظر سنگ‌شناسی این منطقه به طور کلی از سنگهای ته نشستی تشکیل شده است. این ته نشستها بیشتر به دورهٔ پرمین، تریاس، ژوراسیک، کرتاسه میانی و بالایی، ائوسن، و کواترنری مربوطاند. ته نشستهای چین خورده متناوبا از آهک و دولومیت همراه با مارن و مارنهای آهکی با لایه‌بندی کم و بیش ظریف و باریک و یا چین‌های نامتقارن با روند شمال غربی-جنوب شرقی تشکیل شده است. هم شیبی بین ته نشستها در سرتاسر منطقه مشاهده شده، ولی تغییرات زیاد ضخامت و تنوع جنس آنها از محلی به محل دیگر نشانهٔ نوعی حرکت زمین-شناسی خشکی‌زایی است که موجب ناهمواری‌هایی در کف حوضه شده است. به همین دلیل در سرتاسر منطقه، به دلیل ته نشستهای لاتریتی[1] که نمایانگر پسروی کامل دریا و فرسایش شدید است، عاری از اطلاعات چینه شناسی است. به طور کلی ساختار زمین‌شناسی دوپلان و محدودهٔ معدن، یک طاقدیس خوابیده به نظر می‌رسد. این طاقدیس یک طاقدیس با میل محوری بوده و شیب لایه‌ها در یال شمالی به سمت شمال غربی است و بین ۱۵ تا ۵۵ متغییر است. در یال جنوبی شیب کلی به سمت جنوب غربی است. از سمت غرب به شرق کیفیت و کمیت لایه‌های معدنی چه در سطح و چه در عمق نقصان می‌یابد، به خصوص در شرق معدن که نزدیک به دهانهٔ طاقدیس است. بیرون‌زدگی لایه‌های معدنی در یال شمالی در انتهای غربی در افق ۲۳۰۰ متری قرار گرفته است[۳].

به دلیل سنگواره‌های شاخص بسیار اندک به دست آمده از بعضی طبقات، سن نسبی طبقات بیشتر براساس لیتولوژی و مقایسه با مقاطع مشابه تعیین شده است. لایه‌های آرژیلیتی و بوکسیتی آن مربوط به نبود اطلاعات چینه‌شناسی در افق پرمو تریاس است. ته نشستهای پرمین قدیمیترین طبقات معدن را تشکیل می‌دهند که تماما از دولومیت‌های خرد شده صورتی رنگ به ضخامت بیش از ۱۵۰ متر بوده و برخوردگاه زیرین لایهٔ آرژیلیت و بوکسیت را تشکیل داده، و به علت نفوذ ترکیبات آهن‌دار در بخشهای فوقانی، بیشتر به رنگ صورتی دیده می-شود. لایه‌های زیرین افق آرژیلیتی و بوکسیتی از لایه‌های طبقات قدیمی‌تر پرمین تشکیل شده است. ضخامت کلی این لایه‌ها بین ۱۲ تا ۱۵ متر بوده و از پایین به بالا به پنج افق به شرح زیر قابل شناسایی هستند:

۱- زون آرژیلیت پیریتی به ضخامت ۰/۴ تا ۲/۸ متر.

۲- زون آرژیلیت خاکستری روشن به ضخامت ۳ تا ۵ متر.

1-laterite

www.SID.ir

Archive of SID

۳- زون بوکسیت سفید رنگ به صورت پودری به ضخامت ۶ متر.
۴- زون بوکسیت قلوه‌ای به ضخامت ۰/۵ تا ۲ متر.
۵- زون آرژیلیت سیاه به ضخامت ۰/۴ تا ۱/۶ متر [۳].

آغاز طبقات تریاس به وسیله یک لایه آرژیلیتی سیاهرنگ همراه با ترکیبهای زغالی بوده که به عنوان کمربند بالایی لایه-های آرژیلیتی و بوکسیت محسوب می‌شود. ضخامت این لایه بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر است. لایه مذکور بوسیله تناوبی از لایه‌های دولومیت، آرژیلیت و شیل‌های سبز رنگ پوشیده شده است. ضخامت ته نشستهای مربوط به تریاس بین ۳۰ تا ۵۰ متر است. انتهای ته نشستهای تریاس به وسیلهٔ یک آهک دولومیتی حاوی آثار فسیلی تمیز پذیر است [۳].

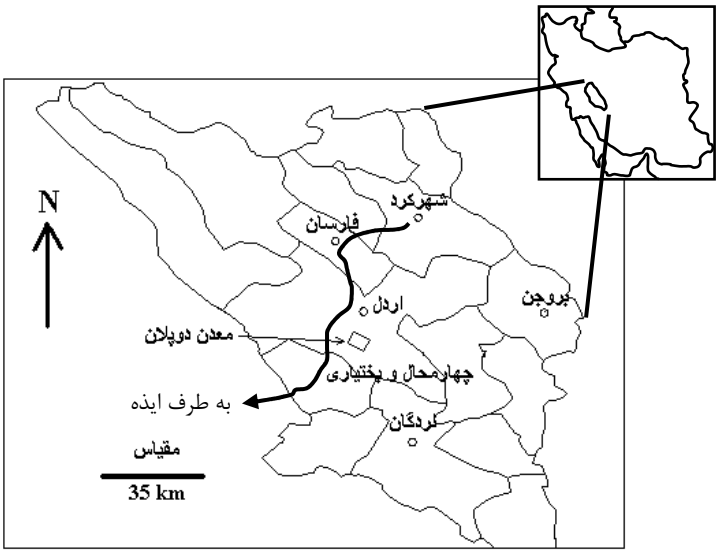
در فرهنگ زمین‌شناسی، لاتریت‌ها را خاک‌های باقیمانده از هوازدگی شدید سنگ‌های خاستگاه و بیشتر از کانی‌های ثانویهٔ اکسیدهای آهن و آلومینیم همراه با کوارتز و کائولن دانسته‌اند که در محیط گرم ومرطوب تشکیل می‌شود. انواع قدیمی آن به مرور زمان و ته نشست لایه‌های بالایی سخت و سنگی شده [۸]. با توجه به ویژگیهای کلی و مطالعات چینه شناسی، کانسار بوکسیت شهید نیلچیان (دوپلان)، مانند بسیاری دیگر از کانسارهای بوکسیت ایران، از نوع بوکسیت‌های لاتریتی و وابسته به افق پرمین بالایی دانسته شده است [۵]. این نوع بوکسیت‌ها روی کمربند ایران تا هیمالیا قرار گرفته و تا شرق آسیا نیز ادامه دارند [۹، ۱۳]. در بعضی منابع کانسار بوکسیت دوپلان جزء قاعدهٔ سازند نیریز دانسته شد (هم ارز افق B بوکسیت جاجرم) و نقش پدیدهٔ کارستی شدن در آن مهمتر تلقی شده است [۲]. مراحل تشکیل و تغییر سطوح فرسایشی قدیمی در بعضی منابع به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است [۱۲]. ذخائر بوکسیت لاتریتی وابسته به دوره‌های دیگر در نقاط مختلف دنیا نیز به تعداد زیادی شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱۰، ۱۱].

روش مطالعه

به منظور مطالعات آزمایشگاهی، ۹۰۰ کیلو گرم نمونه از تونل-های استخراجی، اکتشافی، رخنمون‌ها و نیز انباره‌های معدن برداشت شد. بخشی از آن پس از آماده‌سازی لازم برای مطالعهٔ کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی جداسازی، و به شرح زیر بررسی شد [۱].

الف- تجزیه تعدادی از نمونه‌ها به روش فلوئورسانی پرتو ایکس (XRF) برای شناسایی عناصر اصلی تشکیل دهندهٔ کانسار.
ب- مطالعهٔ مقاطع نازک به منظور شناسایی کانی‌ها و بافت آنها.
پ- مطالعهٔ پراش پرتو ایکس (XRD) برای شناسایی دقیق کانی‌های موجود.
ت- مطالعهٔ مقاطع صیقلی به منظور شناسایی فازهای کدر در نمونه.

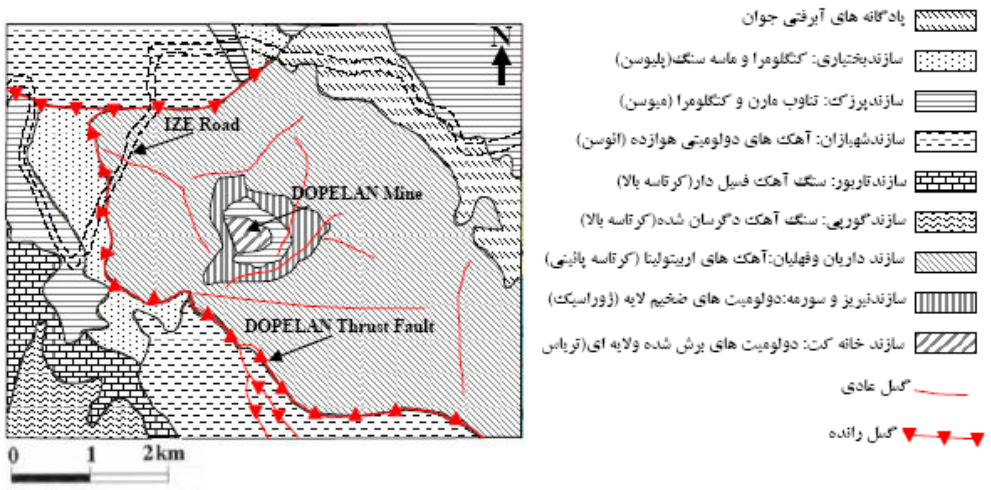
لازم به یادآوری است که محصولات کانسار بوکسیت دوپلان برحسب میزان کانی‌های مختلف آن و محل استخراج و مصرف صنعتی از طرف کارکنان معدن به ۵ نوع تقسیم، دسته‌بندی و به نام انواع درجه ۱، درجه ۲، درجه ۱-۲، درجهٔ ویژه و قلوه‌ای نام گذاری شدند.



شکل۱ موقعیت جغرافیایی کانسار بوکسیت شهید نیلچیان (دوپلان) در استان چهارمحال و بختیاری.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲ نقشهٔ نموداری زمین‌شناسی کانسار بوکسیت شهید نیلچیان (دوپلان).

مطالعهٔ مقاطع صیقلی و نازک

در مطالعات میکروسکوپی، نخست از نمونه ۷ کیلوگرم بوکسیت برداشت شد و پس از همگن‌سازی و آنالیز سرندی، ۷ بخش به صورت کتره‌ای بر حسب میزان مواد باقی مانده روی سرندهای ۶ مش، ۹ مش، ۱۴ مش، ۲۸ مش، ۵۰ مش، ۱۰۰ مش، و ۱۰۰- مش، انتخاب شدند. از هر یک از این بخشها تیغه‌ای نازک و مقطعی صیقلی به تعداد لازم تهیه و مورد بررسی قرار گرفت [۱].

با استفاده از این مقاطع نازک تهیه شده، بافتهای تشکیل دهندهٔ کانسار به شرح زیر شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند.

۱- بافت ریز بلورین (لوح ۱-شکل b و e) که به صورت بلورهای ریز دانه در ملاط پراکنده بودند. معمولا این ریز بلورها حالت متجانس دارند.

۲- بافت پیزولیتی[۲] (لوح ۱- شکل a و d) به صورت دانه‌های تقریبا شکل‌دار و گرد بودند که در ملاط، قابل مشاهده‌اند.

۳- بافت برشی (لوح-۱ شکل e و c) به صورت ذرات شکل‌دار با لبه‌های نسبتا تیز بودند که هنگام جابه جایی ته نشستها، لبه‌های آنها خرد شدند.

۴- بافت کنگلومرایی (لوح ۱- شکل b) که به صورت ذرات کوچک و بزرگ در ملاط خود را نشان داده‌اند.

بررسی کانی‌شناختی نمونه‌ها منجر به نتایج زیر شده‌اند:

قطعات برشی و شبه برشی مشاهده شده در مقاطع بیشتر حاوی کائولن است که ضمناً به کانی‌های آهن‌دار نیز آغشته است (لوحه۱- شکل c). در برخی از قطعات برشی آرژیلیت دیده شد، و گاهی این قطعات در اثر تبلور دوباره به صورت بلور در آمده‌اند. این قطعات برشی معمولا در ملاط بلورین از کانی-های مختلف قرار گرفته‌اند. بافت ریز بلورین نسبتا متجانس بوده و از لحاظ ترکیب، آرژیلیتی هستند. همچنین هسته‌هایی از گیبسیت و بوهمیت نیز بین برخی از آنها مشاهده می‌شود که با کوارتز و آرژیلیت و دیگر کانی‌های رسی مخلوط‌اند. علاوه بر این در این ملاط ریز بلورین ترکیبهای آهن پرشده در شکستگی‌ها و درزه‌ها مشاهده می‌شود که احتمالاً در اثر هوازدگی و راه یابی شاره‌های آهن‌دار به این شکستگی‌ها، تشکیل شده‌اند.

قطعات پیزولیتی بیشتر حاوی کانی دیاسپور است (لوح۱- شکل a) و علاوه بر این گاهی کائولینیت نیز مشاهده می‌شود. در پیزولیتها در برخی از نقاط مشاهده می‌شود که کانی‌های بوکسیت (بیشتر دیاسپور و کمتر گیبسیت) در اثر تبلور دوباره بلورین شده‌اند. پیزولیتها در زمینه‌ای از مخلوط بوکسیت و کانی‌های رسی قرار دارند. به نظر می‌رسد که بیشترین عیار کانی‌های بوکسیت در بافت پیزولیتی است (لوحه۱- شکل e). در برخی از مقاطع کانی‌های کربناته مانند دولومیت و کلسیت نیز در لابلای پیزولیتها مشاهده می‌شود. این کانی‌ها به صورت دانه‌های کدر دیده می‌شوند که اغلب درگیر و به کانی‌ها و قطعات دیگر وابسته‌اند.

با مطالعهٔ مقاطع صیقلی معلوم شد که کانی‌های کدر[۳] موجود در مقاطع نازک بیشتر متشکل از ترکیبات سولفوری، اکسیدی و هیدرو اکسیدی است. میزان سولفورها در مقایسه با

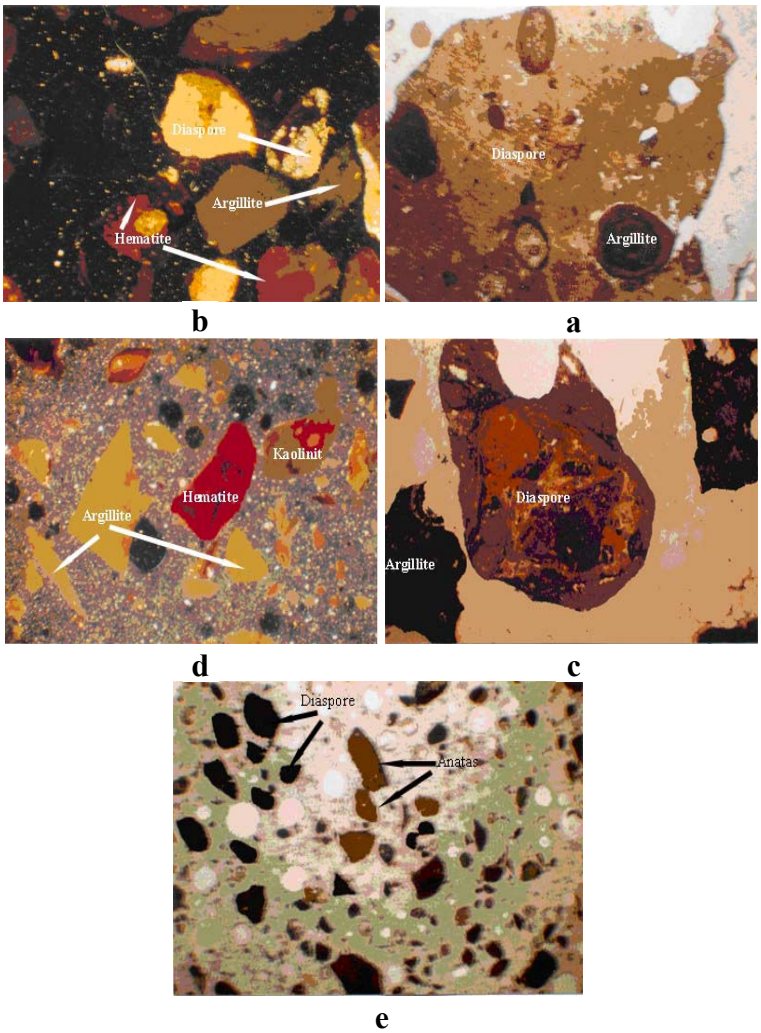
2-Pisolite

3-Opaque

www.SID.ir

Archive of SID

هیدرو اکسیدها بسیارکمتر است که می‌توان آن را از نتایج XRD نیز استنتاج کرد. سولفورها بشتر شامل پیریت بوده که در برخی از نقاط به صورت درگیر با آرژیلیت و در نقاط دیگر به صورت درگیر با کانی‌های بوکسیت و گاهی آزاد مشاهده می‌شود (لوح۳- شکل e و b). بندرت کانی مارکاسیت را نیز می‌توان در برخی از نمونه‌ها مشاهده کرد. چگونگی درگیری پیریت با کانی‌های دیگر بیانگر این است که کانی‌های سولفوری به صورت ثانویه و پس از تشکیل کانی‌های هیدرواکسید آلومینیوم به وجود آمده‌اند. برای اطمینان بیشتر در این خصوص، لازم است تا ساز و کار تشکیل کانی‌های پیریت و مارکاسیت مورد بررسی‌های بیشتری قرار گیرند. اکسیدها شامل کانی‌های آناتاز و بعضی از اکسیدهای آهن مانند هماتیت است. آناتاز معمولا به صورت دانه‌های ریز و گاهی درشت و کمتر درگیر هستند که در مقاطع صیقلی، شفاف به نظر می‌رسند (لوح۲- شکل b و c). قطعات آناتاز بیشتر در پیزولیتهای دیاسپور دیده شده‌اند و به نظر می‌رسد که تشکیل آن همزمان با کانی‌سازی دیاسپور بوده است (لوح۲- شکل a) و گاهی ذرات این کانی به صورت درگیر با اکسید آهن مشاهده می‌شوند.



لوح ۱ : تصاویر میکروسکوپی مقاطع نازک، نمونه‌ای از بافت‌ها و کانی‌ها در کانسار دوپلان (۱۰۰×).

a: بافت پیزولیتی کانی‌های بوکسیت (دیاسپور) که در زمینه‌ای از آرژیلیت قرار دارد.

b: بافت کنگلومرایی در کانیهای بوکسیت همراه با آرژیلیت و کانی هماتیت که در زمینه‌ای ریز بلورین قرار دارد .

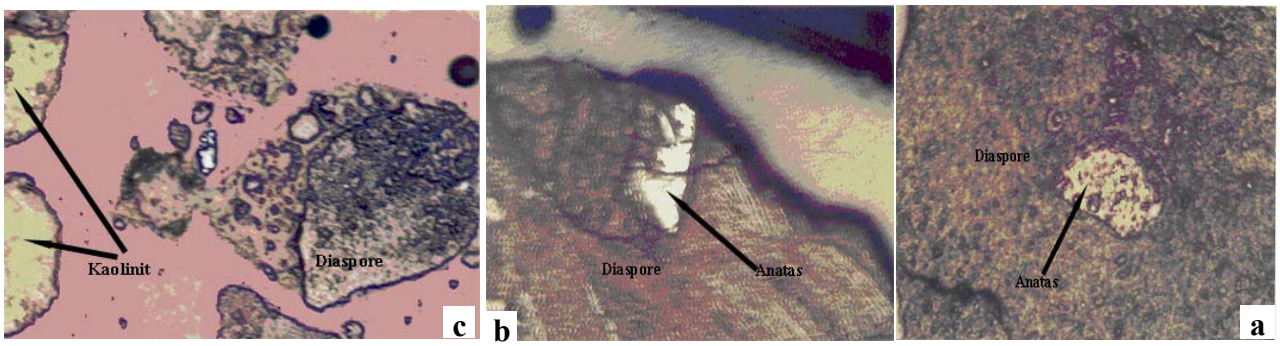
c: بافت برشی در کانیهای بوکسیت همراه با آرژیلیت و کانی هماتیت که در ابعاد بزرگ دیده می‌شوند.

d: پیزولیتهای نسبتا بزرگ از دیاسپور .

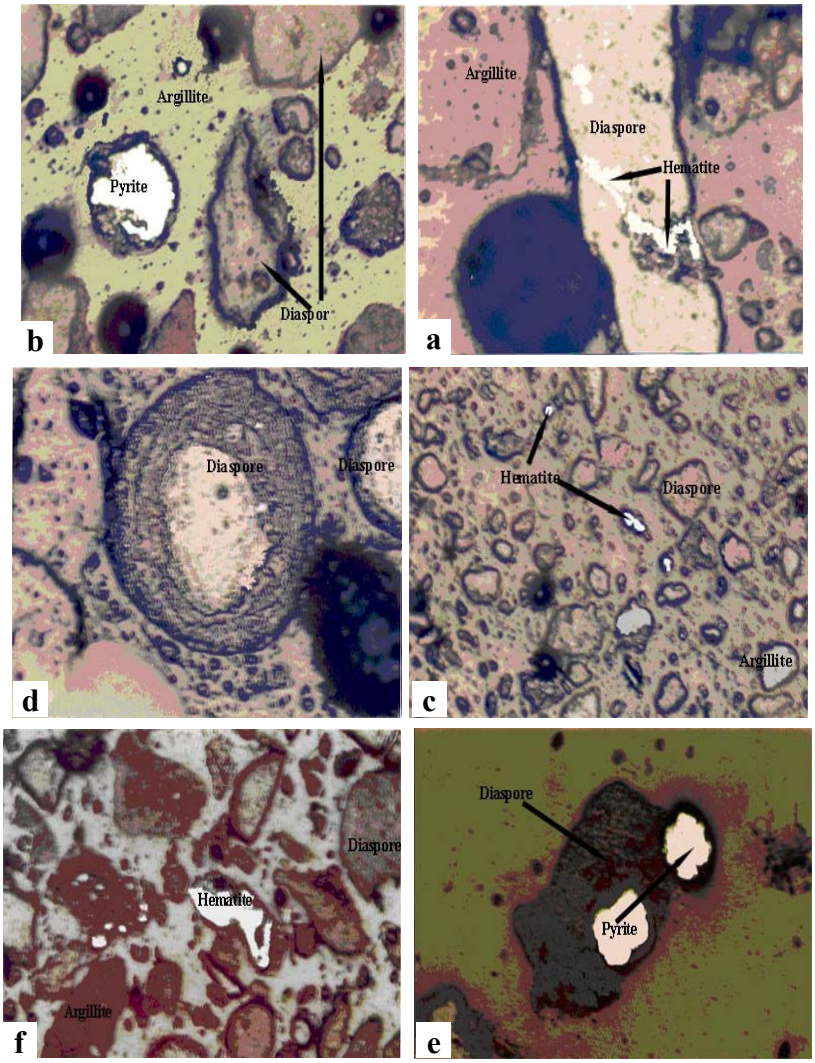
e: بافت برشی که در آن کانیهای دیاسپور و آناتاز به صورت آزاد دیده می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID



لوح ۲ تصاویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی، نمونه‌ای از کانی آناتاز و چگونگی درگیری آن با دیگر کانیها (×۱۰۰). a: قطعهٔ پیزولیتی بزرگ را که کانی آناتاز در هسته آن قرار گرفته‌است. b: قطعه کوچک آناتاز به صورت درگیر با کانی دیاسپور. c: قطعات آزاد کانی دیاسپور و کائولینیت در ابعاد نسبتا درشت.



لوح۳ تصاویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی، نمونه‌ای ازکانی‌های کانسار بوکسیت دوپلان (×۱۰۰). a: قطعه‌ای از دیاسپور که در آن رگه‌های میکرونی هماتیت دیده می‌شوند. b: قطعه‌ای از پیریت که به صورت آزاد بین قطعات دیاسپور و آرژیلیت مشاهده می‌شوند. c: قطعات مختلف (از لحاظ اندازه) آرژیلیت و دیاسپور و هماتیت که در بافت برشی دیده می‌شود. d: پیزولیتی از دیاسپور. e: قطعات پیریت که به صورت درگیر با دیاسپور دیده می‌شوند. f: قطعه‌ای از کانی هماتیت که تقریبا به صورت آزاد بین قطعات دیاسپور قرار گرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

اکسیدهای آهن بیشتر به صورت رگه‌های باریک در مقاطع دیده شده و گاهی به صورت نفوذهای میکرونی در بوکسیت مشاهده می‌شوند که می‌تواند دلیل راه یابی شاره‌های آهن‌دار به درون درزه‌ها و شکاف‌های میکرونی ایجاد شده در سنگ و کانی‌ها باشد (لوح۳- شکل a). برخی از کانی‌های آهن‌دار (اکسید و هیدرو اکسید آهن) در مکانهایی که زمان و مکان برای تبلور دوباره وجود داشته است، و یا کانی‌سازی اولیه صورت گرفته است، به صورت درگیر در پیزولیتهای بوکسیت دیده می‌شوند (لوح۳- شکل d). در مقاطع صیقلی شواهدی دال بر وجود کوارتز دیده می‌شود که در مقاطع نازک دیده نشده است. البته این ذرات بسیار ریز و بیشتر درگیر بوده و شناسایی آنها با مشکلات زیادی همراه است و به یقین نمی‌توان در کوارتز بودن آنها اطمینان داشت. هیدرو اکسیدها شامل هیدرو اکسیدهای آلومینیم (دیاسپور و گیبسیت و بوهمیت) و هیدرو اکسیدهای آهن مانند گوتیت است. هیدرو اکسیدهای آلومینیم به صورت ذرات درشت دانه تا ریزدانه تقریبا در تمام مقاطع قابل رویت است. این ذرات در مقاطع صیقلی به رنگ خاکستری روشن تا تیره دیده شده‌اند ولی در مقاطع نازک رنگ آنها کرم روشن تا قهوه‌ای تیره است. هیدرواکسیدهای آلومینیوم بیشتر به صورت پیزولیتهایی دیده شده‌اند که گاهی دارای هسته‌هایی از جنس کانی دیگر مانند هماتیت هستند. گوتیت به صورت بسیار ریز و در ابعاد چند میکرون در سرتاسر کانسار پراکنده است. به نظر می‌رسد که گوتیت‌ها بیشتر به صورت ثانویه و در اثر هوا زدگی کانی‌هایی چون هماتیت به وجود آمده باشند (لوح۳- شکل e). به ندرت می‌توان در این مقاطع نشانه‌هایی از وجود سیدریت دید که دلیل آن می‌تواند وجود یون کربناته و آهن در محیط به میزان کافی باشد [۱].

نتایج پراش پرتو ایکس (XRD)

پراش پرتو ایکس روی ۵ نمونهٔ معرف همگن شده، صورت گرفته است. این نمونه‌ها هر یک معرف یک نوع بوکسیت هستند. به عنوان مثال دو نمونه از نمودارهای XRD در شکل۳ نشان داده شده‌اند. کل نتایج به دست آمده در جدول ۱ خلاصه شده‌اند. چنانکه در جدول مشاهده می‌شود، کانیهای فاز اصلی در انواع مختلف کانسار عبارتند از دیاسپور و کائولینیت، و کانی‌های آناتاز و بوهمیت در فاز فرعی قرار می‌گیرند. کانی‌های فاز کمیاب[4] شامل کوارتز و مسکویت به طور کلی و کلسیت و دولومیت به طور خاص ردیابی شده‌اند. کلسیت و دولومیت فقط در نوع درجهٔ ۱-۲ و درجه ۲ دیده می‌شوند که دلیل همبری لایهٔ بوکسیت و لایهٔ دولومیت است که شرح آن در بخش زمین‌شناسی از نظر گذشته است. بوکسیت‌های نوع ویژه و درجه ۱ به دلیل عدم همبری با لایه‌های دولومیتی و آهکی عاری از آهک و دولومیت هستند. در نوع قلوه‌ای، فاز اصلی را فقط کانی دیاسپور تشکیل داده است و کانی کائولینیت وارد فاز فرعی شد. دلیل آن کاهش درصد کانی‌های رسی به ویژه کائولینیت در نوع قلوه‌ای است. به دلیل لاتریتی بودن خاستگاه کانسار، به روشنی دیده شد که در سرتاسر کانسار و در تمامی انواع آن، کانی‌های رسی که شاخص‌ترین آنها کائولینیت است هم در فاز اصلی و فاز فرعی و هم فاز کمیاب مشاهده می‌شود (شکل ۳). با توجه به وجود کائولین در انواع مختلف کانیها و کل کانسار و نیز مطالعات میکروسکوپی، به نظر می‌رسد که بیشتر کائولن‌های موجود محصول هوازدگی سنگهای خاستگاه است.

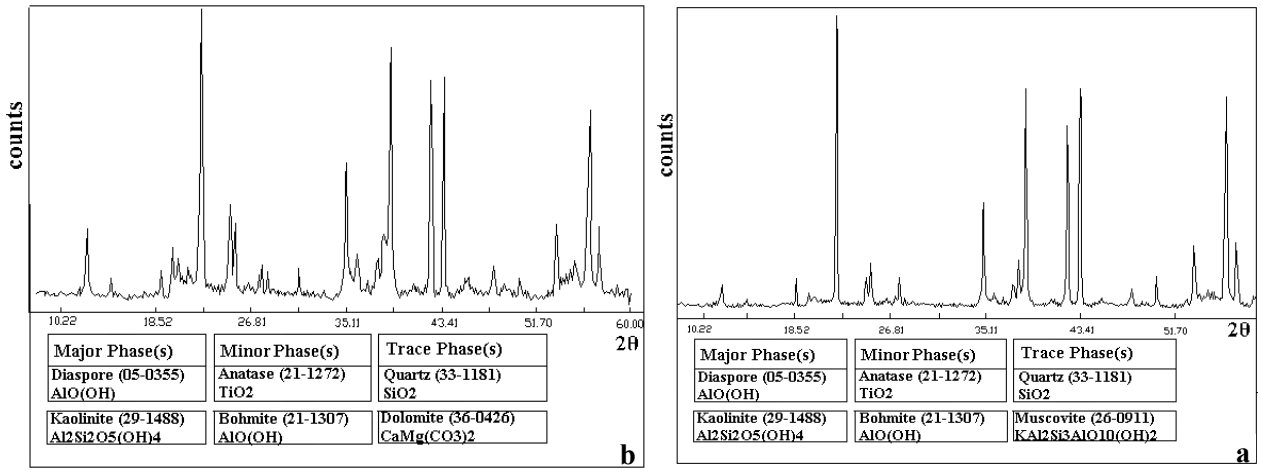
جدول ۱ نتایج آنالیز XRD پنج نوع مختلف بوکسیت معدن شهید نیلچیان(دوپلان).

نوع نمونه	کانیهای اصلی	کانیهای فرعی	کانیهای در حد اثر
درجه ۱	دیاسپور- کائولینیت	آناتاز - بوهمیت	کوارتز- مسکویت
درجه ۲	دیاسپور- کائولینیت	آناتاز - بوهمیت	کوارتز- دولومیت
مخلوط درجه ۱و۲	دیاسپور- کائولینیت	آناتاز - بوهمیت	کوارتز- کلسیت- دولومیت
قلوه ای	دیاسپور	کائولینیت- آناتاز - بوهمیت	کوارتز- مسکویت
ویژه	دیاسپور- کائولینیت	آناتاز - بوهمیت	کوارتز- مسکویت

4-trace

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳ دو نمونه از نمودارهای XRD ، a: بوکسیت درجهٔ یک، b: بوکسیت درجهٔ دو.

نتایج بررسی XRF

نتایج بررسی‌های XRF بر حسب درصد عناصر تشکیل دهنده در جدول ۲ آورده شده‌اند. چنانکه بنابر جدول اکسیدهای آلومینیم، سیلیسیم، تیتانیوم، و آهن، چهار عنصر اصلی هستند که در حدود ۸۰٪ ترکیبات شیمیایی کانسار را تشکیل می‌دهند، و در حدود ۲۰ ٪ دیگر را آب تبلور و اکسید عناصر دیگر مانند زیرکونیوم، وانادیوم، استرانسیوم، کرم، مس، منیزیوم، منگنز، و عناصر خاکی نادر تشکیل داده‌اند. بر همین اساس پیش بینی می‌شود که کانی‌های این چهار عنصر اصلی باید در کانسار به طور محسوس مشاهده شوند. این ادعا را نتایج XRD و مطالعات مقاطع صیقلی و نازک کاملا تایید می‌کنند. چنانکه جدول ۲ نشان می‌دهد میزان سیلیس انواع مادهٔ معدنی بین ۱۳ تا ۲۶ درصد و آلومینیوم بین ۵۰ تا ۶۲ درصد و آهن بین ۱٫۸ تا ۲٫۳ درصد و تیتانیوم بین ۴٫۴ تا ۵٫۳ درصد متغییرند است. نکته قابل توجه فراوانی عناصر وانادیوم و زیرکونیوم است. نتایج XRF بیانگر این است که از لحاظ میزان اکسید سیلیسیم و آلومینیوم و تیتانیوم، بین نمونه‌های درجه ۱ و ۲ و ۲-۱ اختلاف قابل توجهی وجود ندارد، ولی میزان آهن در این نمونه‌ها اختلاف چشمگیری نشان داده است. از طرف دیگر بین دو نوع قلوه‌ای و ویژه و دیگر انواع بوکسیت‌ها که در بالا یادآور شدیم، اختلاف نسبتا زیادی بین میزان سیلیس و اکسید آلومینیوم و نیز میزان اکسید آهن و تیتانیوم دیده می‌شود.

بحث و بررسی

با توجه به بررسیهای XRD و XRF ، همزمان با مطالعهٔ مقاطع نازک، به نظر می‌رسد که کانی غالب در کانسار بوکسیت شهید نیلچیان (دوپلان)، کانی دیاسپور از خانوادهٔ کانی‌های هیدر اکسید آلومینیم است. هرچند که در بعضی نمونه‌ها شواهدی دال بر وجود بوهمیت نیز دیده شده است، ولی میزان آن نسبت به دیاسپور کمتر است. غالب دیاسپور موجود به شکل بافت پیزولیتی دیده شده است. عنصر آهن نیز نوعا به صورت کانی هماتیت بوده وعلاوه بر آن به میزان جزئی می‌توان دیگر کانی‌های هیدروکسید و اکسید آهن مانند گوتیت را نیز مشاهده کرد. کانی متشکل از تیتانیوم آناتاز بوده و از دیگر ترکیبات تیتانیوم‌دار شواهدی دیده نشده است. ابعاد این کانی‌ها کوچک و در حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ میکرون است. با مطالعهٔ مقاطع نازک و صیقلی مشخص شده است که بیشتر سیلیسی که در آنالیزهای XRF شناسایی شده‌اند، مربوط به کانی کائولینیت و به مقدار کمتر دیگر کانی‌ها مانند مسکویت است. کوارتز آزاد در نمونه ها بسیار ناچیز بوده است. مقدار عناصر زیرکونیوم و وانادیوم نسبتا زیاد بود، به طوری که به نظر می‌رسدکه نیاز به بررسی‌های اکتشافی بیشتری باشد. ضمنا به خاطر ریز دانه بودن و نیز تشکیل کمتر از ۵ درصد از کانی‌های تشکیل دهنده، شناسایی کانی‌های این دو عنصر با XRD و مطالعهٔ مقاطع صیقلی و نازک میسر نشد، اگرچه می‌توان گفت که احتمالا زیرکونیوم به صورت کانی زیرکون است.

نتایج به دست آمده برای مطالعات فرآوری این کانسار بسیار اهمیت دارد، به این دلیل که بیشتر مشکلات فرآوری کانسارهای بوکسیتی و کاربرد آنها در صنایع نسوز به وجود دو عنصر آهن و سیلیس و در مرتبه بعدی عناصری چون تیتانیوم مربوط است [۱].

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲ نتایج آنالیزXRF (به درصد) برای پنج نوع مختلف بوکسیت معدن شهید نیلچیان (دوپلان).

نوع نمونه	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3
درجه ۱	۵۳٫۴۰	۲۲٫۰۸	۴٫۹۰	۱٫۸۹
درجه ۲	۴۵٫۳۰	۲۹٫۲۸	۴٫۵۷	۳٫۱۶
مخلوط درجه ۱و۲	۵۱٫۰۰	۲۵٫۷۵	۴٫۴۴	۲٫۰۱
قلوه ای	۶۱٫۱	۱۵٫۱	۴٫۶۶	۱٫۷۸
ویژه	۶۱٫۹۶	۱۳٫۶۰	۵٫۳۰	۱٫۸۳

برداشت

کانی اصلی در کانسار بوکسیت شهید نیلچیان (دوپلان) دیاسپور و کائولینیت بوده و کانی‌های آناتاز و بوهمیت از کانی-های فرعی هستند. علاوه بر این کانی‌ها در این کانسار، عناصری مانند آهن (به صورت کانی‌های هماتیت و گوتیت و پیریت) و زیرکونیوم (احتمالا به صورت کانی زیرکون) و وانادیوم نیز به میزان فراوان وجود دارند. بافت متداول در این کانسار، بافت برشی و پیزولیتی است. براساس نوع کاربرد مادهٔ معدنی به عنوان نسوز، آهن و سیلیسیم و تیتانیوم مهمترین عناصر مزاحم این کانسار محسوب می‌شوند. این کار پژوهشی نشان می‌دهد که کائولن و اکسیدها و سولفورهای آهن (هماتیت و گوتیت و پیریت) و آناتاز مهمترین کانی‌های حاوی سه عنصر سیلیسیم و آهن و تیتانیوم هستند.

با توجه به مطالب یادشده می‌توان گفت برای کاهش سیلیس و آهن در کانسار باید روشی در فرآوری این کانسار مورد توجه قرار داد که به یاری آن بتوان کانی کائولینیت و هماتیت را به عنوان اصلی‌ترین کانی آهن‌دار در این کانسار، از کانی جدا و از سیستم جدا کرد. مورد دیگر اینکه چون کانی آناتاز در ابعاد ۲۵۰ تا ۳۰۰ میکرون آزاد شده است، می‌توان با خردایش تا ابعاد ۲۵۰ میکرون و آزاد سازی این کانی، با استفاده از روشی مناسب این کانی را فرآوری و بهره برداری کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از بخشی از طرح پژوهشی زیر عنوان "بررسی امکان کاهش سیلیس و آهن بوکسیت معدن شهید نیلچیان (دوپلان)" مربوط به مرکزتحقیقات مواد معدنی یزد وابسته به مرکز تهیه وتولید مواد معدنی ایران است که بدینوسیله از مسولین و مدیران مربوطه تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[۱] حسینی سید مهدی، *"بررسی امکان پذیری فراوری بوکسیت کانسار شهید نیلچیان (دوپلان)"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد (۱۳۸۵).

[۲] سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱٫۱۰۰،۰۰۰ اردل .

[۳] سلمانی م.، *" ارزیابی ذخیره معدنی بوکسیت و آرژیلیت معدن شهید نیلچیان (دوپلان)"*،پروژه کارشناسی، دانشگاه یزد ، ۱۳۸۱.

[۴] شرکت ملی نفت ایران، نقشه زمین‌شناسی ۱٫۲۵۰،۰۰۰ بروجن.

[۵] عبدالهی، هادی، *"افزایش مدول Al_2O_3/SiO_2 در نمونه کانسنگ بوکسیت بوکان با کاربرد روشهای فرآوری و مدل سازی لیچینگ آن در شرایط اسیدی"* ، دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.

[۶] مطیعی ه.م.، *"چینه‌شناسی زاگرس"*، از سری کتابهای زمین‌شناسی ایران، شماره ۱، سازمان زمین‌شناسی کشور ،۱۳۷۲.

[۷] معدن شهید نیلچیان (دوپلان) ، گزارش‌های داخلی.

[8] Bates R. L., Jackson J. A., *"Glossary of geology"*, American Geological Institute, 751p. (1980)

[9] Fontaine H., *"Permian of Southeast Asia: an overview"*, J. of Asian Earth Science, 20:567-588. (2002).

[10] Meyer F. M., Happel U., Hausberg J., Wiechowski A., *"The geometry and anatomy of the Los Pijiguaos bauxite deposit"*, Venezuela, Ore Geology Reviews 20: 27–54. (2002)

[11] Mutakyahwa M.K.D., Ikingura J.R., Mruma, A.H., *"Geology and geochemistry of bauxite deposits in Lushoto District"*, Usambara Mountains, Tanzania, J. of African Earth Sciences, 36: 357–369. (2003)

[12] Rossetti D. F., *"Paleosurfaces from northeastern Amazonia as a key for reconstructing paleolandscapes and understanding weathering products"*, Sedimentary Geology, 169: 151–174. (2004)

[13] Trappe J., *"Pangea: extravagant sedimentary resource formation during supercontinent configuration, an overview"*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 161: 35–48 (2000).

www.SID.ir