



ژئوشیمی و شکل‌گیری کرومیت‌های مناطق دروازه چنار (نیریز) و فاریاب

مرضیه بازآمد^۱، حسن میرنژاد^{۲*}

دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران

(دریافت مقاله: ۹۲/۵/۲۷، نسخه نهایی: ۹۲/۱۱/۲)

چکیده: توده‌ی مافیک-الترامافیکی دروازه چنار بخشی از مجموعه افیولیتی نیریز در استان فارس است که در کرتاسه پایانی در اثر بسته شدن اقیانوس نئوتتیس و برخورد صفحه‌ی عربستان با صفحه‌ی ایران زمین تشکیل شده است. سنگ‌های افیولیتی فاریاب نیز بقایایی از بلوک‌های پوسته اقیانوسی تتیس هستند که طی دوره کرتاسه فوقانی روی حاشیه‌ی قاره‌ای قرار گرفته‌اند. مقادیر MgO , Cr_2O_3 , Al_2O_3 و Fe_2O_3 در کرومیت‌های دروازه چنار با کرومیت‌های نوع انبانی همخوانی دارند که از ماگمای بونینیتی با $Cr\#$ بالا و TiO_2 پائین در یک محیط وابسته به زون فرورانش تشکیل شده‌اند. کرومیت‌های فاریاب دارای Al_2O_3 و TiO_2 نسبتاً بالا و $Cr\#$ بین ۴۵/۸ تا ۵۵/۷ بوده و از ماگمایی با ترکیب پشته‌های میان اقیانوسی ریشه گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: دروازه‌ی چنار؛ فاریاب؛ کرومیت؛ ژئوشیمی.

مقدمه

افیولیت‌های ایران غالباً سن کرتاسه دارند که در اثر بسته شدن اقیانوس نئوتتیس در اواخر کرتاسه و برخورد صفحه‌ی عربستان به صفحه‌ی ایران زمین در نئوژن به وجود آمده‌اند [۱]. همبافت اولترامافیک فاریاب اساساً متشکل از لایه‌های دونیتی به همراه مقدار کمتری هارزبورژیت - وریلت و پیروکسنیت است که به صورت توده‌های نسبتاً بزرگی به مساحت چندین کیلومتر مربع در داخل همبافت دگرگونی بجگان جایگزین شده‌است. این همبافت از نظر ذخایر کرومیت بسیار اهمیت دارد و بزرگترین معادن کرومیت ایران یعنی فاریاب در درون یکی از همین مجموعه‌های اولترامافیک قرار گرفته است [۲].

افیولیت نیریز با روند شمال غربی- جنوب شرقی در یک نوار به طول ۱۰۰ کیلومتر و عرض میانگین ۱۴ کیلومتر به صورت بخش‌های جداگانه از شمال نیریز تا شمال غرب کوه‌های دانشین قرار دارد [۱]. این افیولیت در خاور نیریز در اثر

راندگی زاگرس به سمت جنوب انحنا یافته و قطع می‌شود، ولی در کوه‌های عمان بار دیگر پدیدار شده و بدین لحاظ، به نام زون نیریز- عمان مشهور است [۳]. مجموعه‌ی افیولیتی نیریز، بدون دگرشیمی و گسل خوردگی روی آهک‌های رسی سازند سروک قرار گرفته است [۴]. چندین معدن فعال و بزرگ کرومیت (مثل خواجه جمالی و تنگ حنا) در این نوار افیولیتی وجود دارند. سنگ درون‌گیر عبارتند از کرومیت‌ها، سرپانتین، پیروکسنیت و هارزبورژیت.

بررسی‌های قبلی نشان می‌دهد که با استفاده از ترکیب شیمیایی بلورهای کرومیت می‌توان نوع ماگمای بوجود آورنده را مشخص کرد به طوری که کرومیت‌های با عدد کروم بالا نشانگر ریشه گرفتن از ماگمای بونینیتی و کرومیت‌های با اکسید آلومینیوم بالا از ماگمای ریشه گرفته از پشته‌های میان اقیانوسی همخوانی دارند [۵]. بنابراین کانی‌های کرومیت از افیولیت‌های دروازه چنار و فاریاب به روش ریزکاوش

* نویسنده مسئول، تلفن-نمبر: ۰۶۱۱۱۲۹۵۹، پست الکترونیکی: mirnejad@khayam.ut.ac.ir

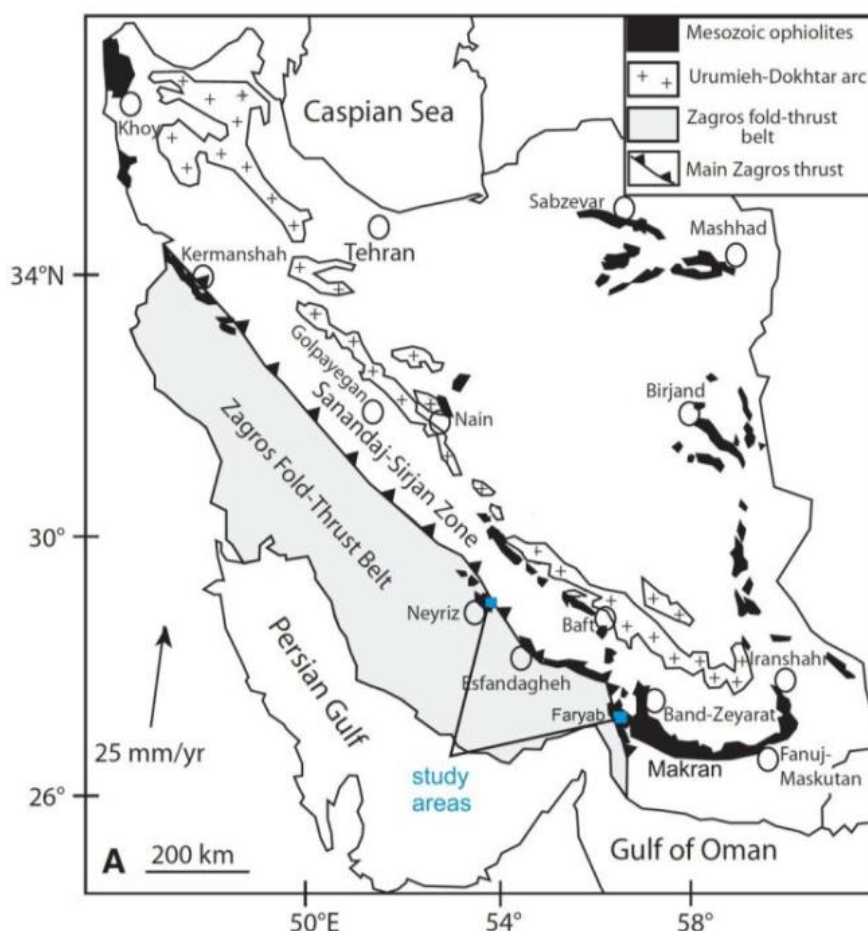
لایه‌ای، دنباله‌ی پوسته‌ای متشکل از گابروی همسانگرد، دایک‌های ورقه‌ای، گدازه‌های بالشی، و رادیولاریت [۶]. این افیولیت روی سازند پیچگون رانده شده و در بالای این سازند، دنباله‌ی گوشته‌ای قرار گرفته است (شکل ۲). سازند پیچگون حاوی سنگ‌های آواری، رادیولاریت، آهک پلاژی، گدازه‌ی دریایی همراه با سنگ آهک و سنگ‌های دگرگونی و میلیونیتی شده نظیر مرمر، آمفیبولیت، میکاشیست و سرپانتینیت به سن تریاس پسین تا کرتاسه میانی است [۷] در منطقه‌ی دروازه چنار بخش‌های الترامافیکی گسترده‌تر از بخش‌های مافیکی است. پیروکسنیت، دونیت، هارزبورژیت و کرومیت از واحدهای سنگی اصلی منطقه را تشکیل می‌دهد. بخش کرومیتی در منطقه غالباً با پریدوتیت‌ها و ارتوپروکسنیت‌ها همراه است و معمولاً بافت افشان دارد. سرپانتینی شدن با درجات پایین نیز در منطقه دیده می‌شود.

الکترونی مورد بررسی قرار گرفتند. این کار پژوهشی به بررسی ژئوشیمی، ترکیب، تعیین نوع ماگمای تشکیل دهنده و تشخیص محیط زمین ساختی کرومیت‌های دروازه چنار و فاریاب و مقایسه کرومیت‌های این دو منطقه با یکدیگر می‌پردازد.

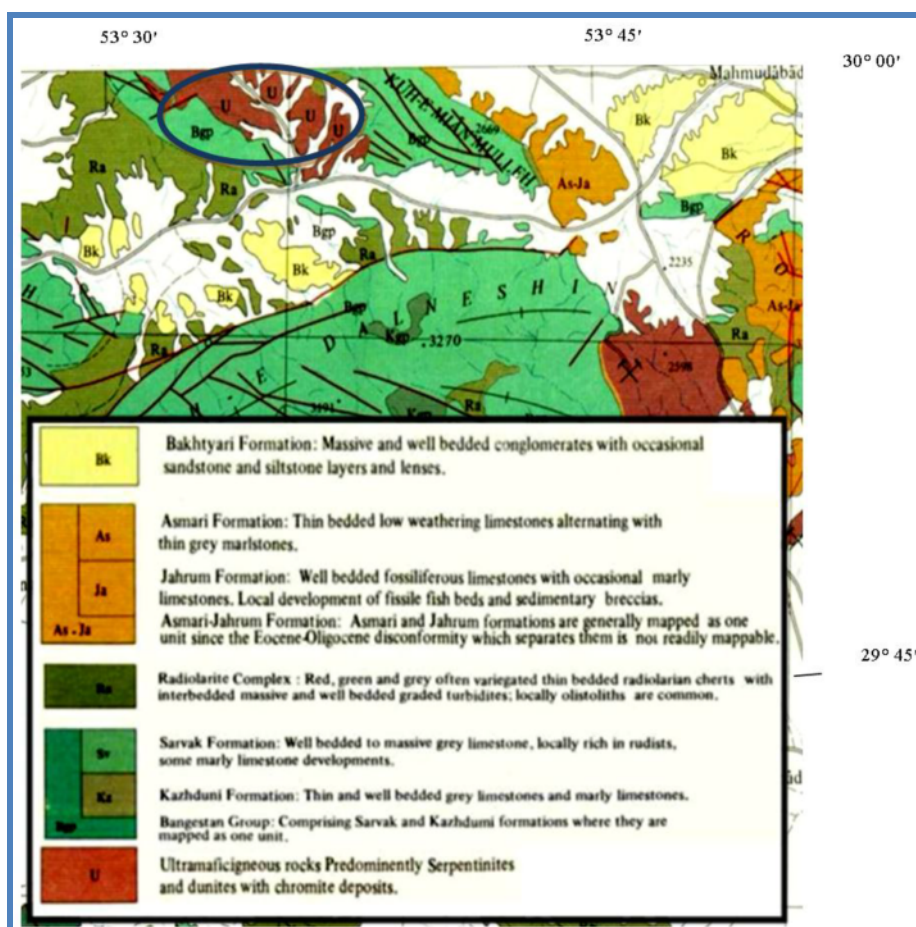
زمین شناسی

دروازه چنار

توده‌ی مافیک-الترامافیک دروازه چنار واقع در منطقه‌ی سنندج-سیرجان، بخشی از توده‌ی افیولیتی نیریز است که نزدیک به روستای دروازه چنار برونزد دارد (شکل ۱). واحدهای چینه‌شناسی در منطقه‌ی نیریز به ترتیب عبارتند از سازندهای سروک، دالانشین، پیچگون، بختگان، افیولیت‌های نیریز و تاربور [۴]. مجموعه‌ی افیولیتی نیریز از پائین به بالا عبارتند از بخش زمین ساختی متشکل از هارزبورژیت، لرزولیت، دونیت و یک منطقه‌ی انتقالی شامل سنگ‌های مافیک و الترامافیک بین



شکل ۱ نقشه‌ی زمین‌شناسی ایران که موقعیت نیریز و فاریاب را به ترتیب در زون سنندج-سیرجان و مکران نشان می‌دهد (برگرفته از [۸]).



شکل ۲ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی نیریز (برگرفته از نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ شیراز، شماره G11) منطقه‌ی دروازه چنار بخشی از گستره مشخص شده درون بیضوی است.

افیولیت‌های منطقه فاریاب

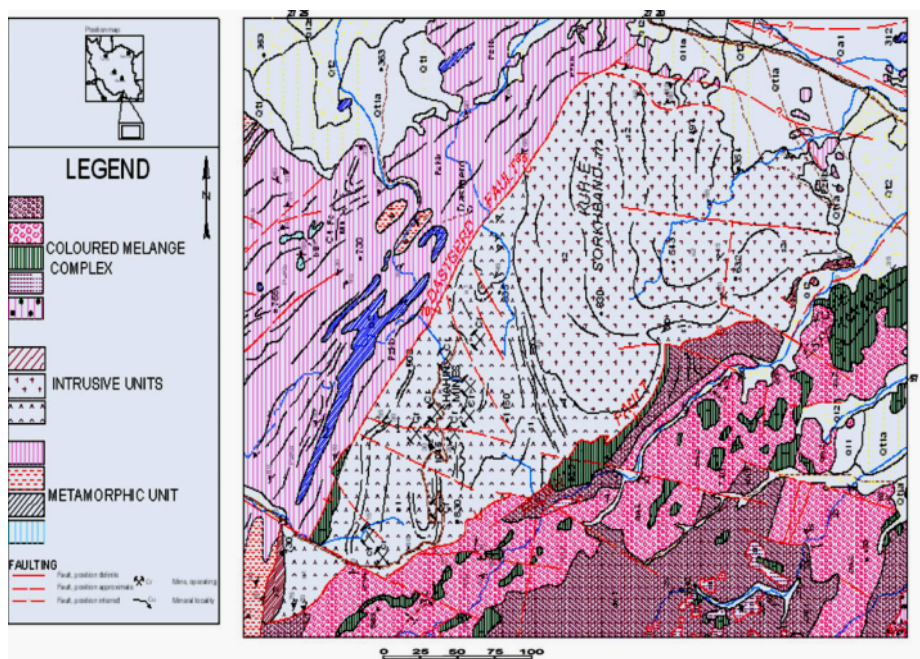
منطقه‌ی فاریاب در شمال غرب منطقه‌ی مکران قرار دارد (شکل ۱) و خصوصیات زمین‌شناسی آن با این زون وابسته است. قدیمی‌ترین واحد منطقه‌ی مکران به کرتاسه فوقانی-پالئوسن تعلق دارد. توده‌ی فاریاب که به همبافت افیولیتی سرخ‌بند معروف است از هر جهت دارای مرزهای گسله با اطراف است [۹]. سنگ‌های افیولیتی این منطقه بلوک‌های پوسته‌ی اقیانوسی تئیس هستند که طی دوره‌ی کرتاسه فوقانی روی حاشیه‌ی قاره‌ای قرار گرفته‌اند [۱۰]. مجموعه‌های سنگی موجود در منطقه شامل مجموعه‌ی دگرگون بچگان، مجموعه‌ی آمیزه‌ی رنگین و اولترامافیک‌های سرخ‌بند که مجموعه‌ی دگرگون بچگان از شبست، متاگابرو، متادیاباز، سنگ آهک و آمفیبولیت تشکیل شده است [۱۱]. همبافت سرخ‌بند بزرگ‌ترین سازند زمین‌شناسی منطقه‌ی فاریاب است که از شرق و شمال شرق به همبافت بچگان که سازندی دگرگون است وابسته شده و از غرب و جنوب غرب به وسیله‌ی گسل

رودان به همبافت آمیزه‌ی رنگین محدود می‌شود (شکل ۳). مجموعه‌ی سرخ‌بند دربرگیرنده‌ی توده‌ی مافیک-الترامافیک فاریاب است و دارای مقدار زیادی رسوب آهکی پلاژیک، گدازه‌های بالشی، رسوب‌های توریدایتی، مقدار کمی سنگ‌های نفوذی و توده‌های افیولیتی و نیز سنگ آهک وابسته به نواحی کم عمق است [۱۰]. سنگ‌های الترامافیک در بعضی قسمت‌ها دگرسان شده و در شکستگی‌های آن منیزیت با بافت توده‌ای و یا گل کلمی تشکیل شده است. در فاریاب تنوع زیادی از واحدهای سنگی مختلف نظیر دونیت، کرومیت، هارزبورژیت، الیوین و بستریت و پیروکسنیت وجود دارند. این منطقه دارای مهمترین شاخص‌های کرومیتی کشور است که از آن جمله می‌توان به عدسی‌های کرومیت شاهین، شهریار، امیر، ابراهیم و کرومیت تونل فطر ۶ اشاره کرد. کرومیت‌های این منطقه بافت‌های اولیه‌ی متنوع توده‌ای، پوست پلنگی، افشان، لایه‌ای و لایه‌ای تداخلی (شکل ۴) و بافت‌های ثانویه کاتاکلاستیکی دارند. بافت لایه‌ای حاصل جدایی دو فاز

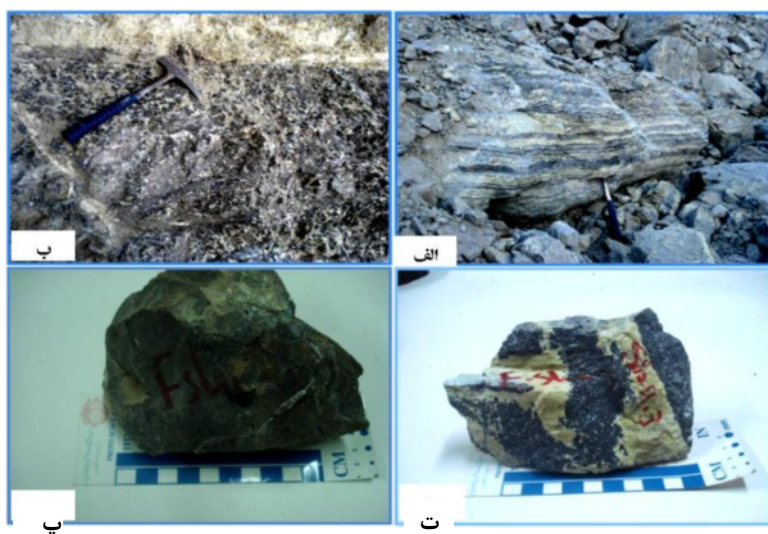
تخت نیز دیده می‌شوند. راستای توده‌های کرومیتی لایه مانند یا عدسی پهن در جهت شمال شرقی- جنوب شرقی است. حرکت‌های زمین‌ساختی در بعضی قسمت‌ها شدید بوده به طوری که عدسی‌ها و توده‌های کرومیت در بعضی قسمت‌ها در اثر زمین‌ساختی شکسته شده و در بخش‌هایی چین خورده‌اند. این منطقه ویژگی‌های زمین‌ساختی پیچیده‌ای دارد و وجود گسل‌های فراوان سبب شده است تا کرومیت در عمق‌های مختلف قرار گیرد.

کرومیتی و سیلیکاتی از یکدیگر در هنگام تبلور و ته‌نشینی ماگماست و باعث تشکیل نوارهایی از کرومیت با ضخامت‌های متفاوت با میان لایه‌های سیلیکات می‌شود. کانسنگ‌های افشان معمولاً کم عیارند و در اثر تبلور همزمان دانه‌های کرومیت با کانی‌های سیلیکاتی به وجود می‌آیند. بافت کاتاکلاستیکی زمانی به وجود می‌آید که دانه‌های کرومیت زیر فشارهای زمین‌ساختی خرد شده باشند.

چگونگی توده‌های کرومیتی منطقه، بیشتر به صورت عدسی‌های نامنظم در داخل سنگ است اما شکل‌های رگه‌ای و



شکل ۳ نقشه‌ی زمین‌شناسی افیولیت فاریاب و سازندهای همجوار [۱۲].



شکل ۴ انواع بافت‌ها در کرومیت فاریاب (الف) بافت لایه‌ای، (ب) بافت نودولار، (پ) بافت لایه‌ای تداخلی، (ت) کرومیتیت توده‌ای قهوه‌ای رنگ.

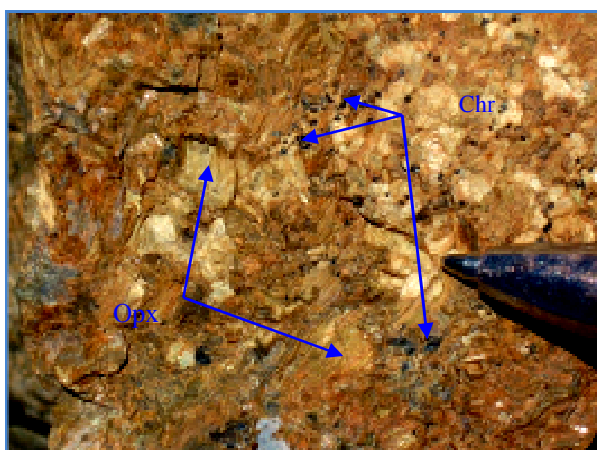
روش بررسی

به منظور تعیین شیمی کانی‌ها، پس از تهیه‌ی مقاطع نازک - صیقلی و بررسی‌های سنگ‌نگاری، تعداد ۸ نقطه از کرومیت‌های دروازه چنار و ۸ نقطه از کرومیت‌های فاریاب در آزمایشگاه کانی‌شناسی دانشگاه کارلتون کانادا مورد تجزیه‌ی ریزکاوش الکترونی (EMP) قرار گرفتند. مقادیر FeO و Fe_2O_3 پس از اندازه‌گیری آهن کل به وسیله‌ی EMP، بر پایه d عنصر سنجی اسپینل برآورد شد. دقت دستگاه برابر ۱٪ برای عناصر اصلی و ۵٪-۱۰٪ برای عناصر فرعی-کمیاب بوده است.

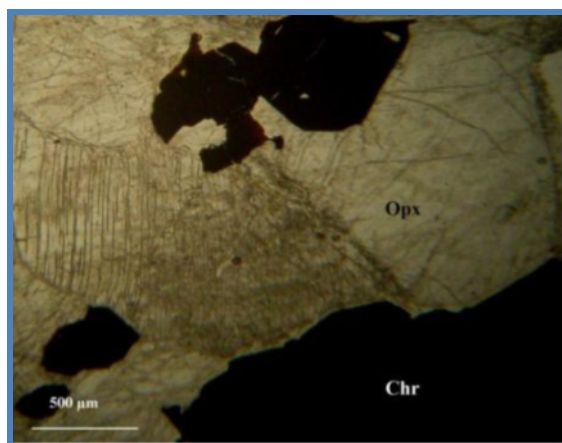
سنگ‌نگاری

در منطقه‌ی دروازه چنار، فازهای اولترامافیک نسبت به بخش‌های مافیکی از گسترش بیشتری برخوردارند. کرومیت‌ها بیشتر به‌صورت پراکنده و افشان در سنگ‌های الترامافیکی بخصوص ارتوپیروکسنیت‌ها وجود دارند و به دو صورت خودشکل و پراکنده و یا اجتماعی از بلورهای ریز مشاهده

می‌شوند (شکل ۵). کانی‌های تشکیل دهنده‌ی این ارتوپیروکسنیت‌ها به ترتیب فراوانی عبارتند از توپیروکسن، کرومیت، کلینوپیروکسن و الیوین می‌باشند. بافت سنگ‌ها دانه-دار بوده و در بعضی موارد ارتوپیروکسن‌ها دارای تیغک‌هایی از کانی‌های کلینوپیروکسن هستند. کانی‌های ارتوپیروکسن، بخصوص از حاشیه و در راستای شکستگی‌ها به کانی‌های ثانویه و بیشتر باستیت تجزیه می‌شوند بیشتر الیوین‌ها نیز تحت تاثیر دگرسانی در حال تجزیه به سرپانتین هستند. اکسیدهای آهن در داخل شکستگی‌های آن متمرکز بوده و احتمالاً هنگام پدیده‌ی سرپانتینی شدن تشکیل شده‌اند. کرومیت‌ها نیمه شکلدار بوده و در زمینه‌ای از کانی‌های سیلیکاتی بویژه ارتوپیروکسن و الیوین احاطه شده‌اند (شکل ۶) بعضی از آن‌ها شکسته شده و در حاشیه به کانی مگنتیت تبدیل شده‌اند. کانی‌های کرومیت در نور بازتابی با رنگ خاکستری رنگ پریده، بدون رخ و بازتابش کم نور قابل مشاهده‌اند.



شکل ۵. بلورهای درشت ارتوپیروکسن (Opx) و ذرات کرومیت (Chr) پراکنده در پیروکسنیت دروازه چنار.



شکل ۶. ذرات کرومیت (Chr) احاطه شده به وسیله‌ی ارتوپیروکسن (Opx) در سنگ میزبان پیروکسنیتی (نور PPL).

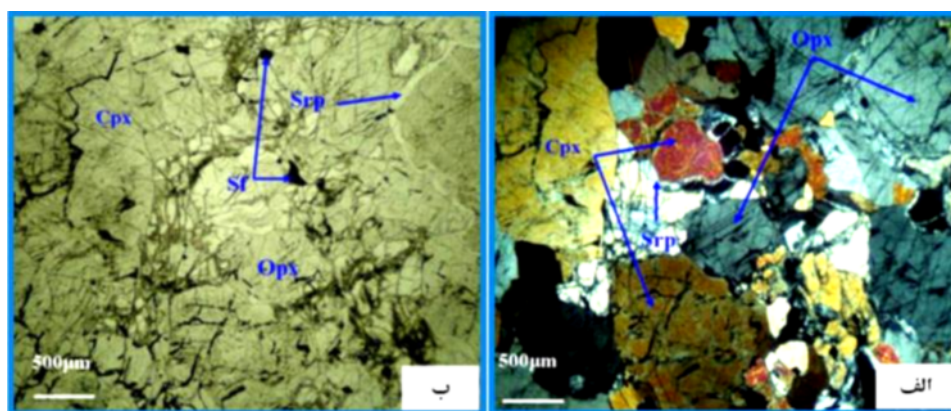
رنگ زرد روشن و زرد متمایل به خاکستری دیده می‌شوند. بیشتر کانی‌های سولفیدی منطقه از کالکوپیریت و پیریت تشکیل شده‌اند (شکل ۸).

شیمی کانی‌ها

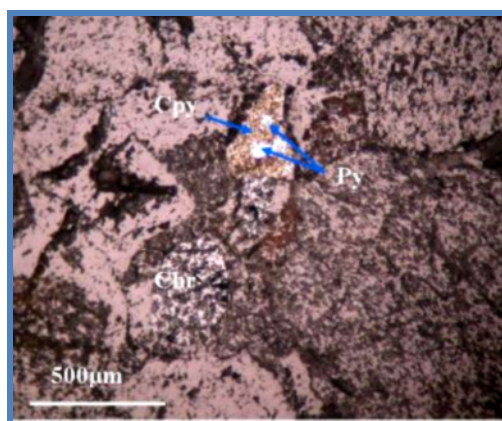
کرومیت‌های منطقه‌ی دروازه چنار دارای میانگین ترکیب شیمیایی $(\text{Mg}_{0.47}, \text{Fe}_{0.52}, \text{Mn}_{0.01})(\text{Cr}_{1.59}, \text{Al}_{0.33})\text{Fe}_{0.08}, \text{Ti}_{0.002})_2\text{O}_4$ نسبت Cr/Fe بالا (۲/۶۵)، $\text{Cr}\#$ بالا (بین ۷۸ تا ۸۸ با میانگین ۸۳)، $\text{Mg}\#$ (۴۲/۵-۴۹/۵) و اکسید تیتانیوم پائین (میانگین $\text{TiO}_2=0.08\%$) دیده می‌شوند (جدول ۱).

بنابر نتایج تجزیه کرومیت‌های فاریاب (جدول ۲)، این کرومیت‌ها حاوی آلومینیوم و تیتانیوم نسبتاً بالا، $\text{Cr}\#$ پائین (۴۵/۸-۵۵/۷)، $\text{Mg}\#$ (۳۴/۹-۴۷/۷) و دارای فرمول ساختاری میانگین $(\text{Mg}_{0.4}, \text{Fe}_{0.59}, \text{Mn}_{0.01})(\text{Cr}_{0.92}, \text{Al}_{0.89}, \text{Fe}_{0.18}, \text{Ti}_{0.007}, \text{V}_{0.006})_2\text{O}_4$ هستند. میانگین نسبت Cr/Fe این کرومیت‌ها ۱/۱ و میانگین $\text{Cr}\#$ آن‌ها ۵۲ است.

سنگ میزبان کرومیت در معادن فاریاب دونیت است که در بیشتر قسمت‌ها به‌شدت سرپانتینی شده است. بافت نواری و افشان از بافت‌های غالب کرومیت‌های منطقه هستند. کرومیت‌های افشان در پریدوتیت‌ها بخصوص هارزبورژیت‌ها و پیروکسنیت‌ها پراکنده هستند این سنگ‌ها دارای بافت دانه‌ای ناهمسان هستند و به ترتیب فراوانی، از کانی‌های کلینوپیروکسن، ارتوپیروکسن، الیوین و کانی‌های کدر تشکیل یافته‌اند که بیشتر آنها دارای شکستگی هستند. کانی‌های کدر علاوه بر کرومیت، کانی‌های سولفیدی را نیز شامل می‌شوند که ۵ تا ۱۰٪ سنگ را تشکیل می‌دهند (شکل ۷). در مشاهدات میکروسکوپی بعضی از دانه‌های کرومیت موجود در این سنگ‌ها دارای شکستگی بوده و زمینه‌ی آن از اولیوین، کلریت، سرپانتین و گاهی مگنتیت تشکیل شده‌اند. در اثر فعالیت زمین ساختی در منطقه، کرومیت‌ها غالباً بافت کاتاکلاستیک نشان می‌دهند. کرومیت‌ها در نور بازتابی، میان دانه، خودشکل، خاکستری رنگ و با بازتابش کم نورند. کانی‌های سولفیدی به



شکل ۷ کانی‌های سولفیدی (Sf)، ارتوپیروکسن (Opx) و کلینوپیروکسن (Cpx) در سنگ‌های فاریاب (سرپانتین = Sf) (الف نور XPL و ب نور PPL).



شکل ۸ وجود کرومیت (Chr) و کانی‌های سولفیدی پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy) در سنگ‌های منطقه فاریاب.

جدول ۱ نتایج تجزیه‌ی کانیاپی اسپینل‌های کرومیت موجود در واحدهای سنگی اولترامافیک منطقه‌ی دروازه چنار (Harzburgite = Hrз و Px = Pyroxenite)

Sample	Dc.1	Dc.2	Dc.3	Dc.4	Dc.5	Dc.6	Dc.7	Dc.8
MgO	۹,۷۱۷	۹,۶۸۱	۹,۱۸	۹,۰۴	۷,۷۳۳	۹,۴۹۹	۹,۹۶	۱۰,۰۲
Al ₂ O ₃	۷,۴۸۸	۷,۴۷۷	۷,۷۵۶	۸,۸۵۴	۵,۴۵۱	۷,۶۱۲	۱۰,۶۴	۱۰,۸۷
FeO	۲۱,۸۲۸	۲۱,۷۷۴	۲۲,۵۵۹	۲۲,۷۵۳	۲۱,۵۵۴	۲۱,۸۴۲	۱۸,۹۳	۱۹,۰۱
Cr ₂ O ₃	۶۰,۲۴۸	۶۰,۹۹۷	۶۰,۱۷۳	۵۸,۹۹۸	۵۸,۵۴۶	۶۰,۲۱	۵۹,۸	۵۹,۱
MnO	۰,۴۳۲	۰,۴۱۱	۰,۴۳۴	۰,۴۴۳	۰,۴۱۸	۰,۴۳۹	۰,۲۵	۰,۲
TiO ₂	۰,۱	۰,۰۷۷	۰,۰۴۷	۰,۱۳۳	۰,۰۵۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸	۰,۰۶
Al	۰,۳	۰,۲۹	۰,۳۱	۰,۳۵	۰,۲۳	۰,۳	۰,۴۱	۰,۴۲
Ti	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱
Fe ₂	۰,۵	۰,۵۱	۰,۵۳	۰,۵۴	۰,۵۷	۰,۵۱	۰,۵	۰,۵
Fe ₃	۰,۱۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۰۹	۰,۱	۰,۰۲	۰,۰۳
Cr	۱,۵۹	۱,۶۱	۱,۵۹	۱,۵۵	۱,۶۸	۱,۶	۱,۵۶	۱,۵۵
Mn	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱
Mg	۰,۴۹	۰,۴۸	۰,۴۶	۰,۴۵	۰,۴۲	۰,۴۸	۰,۴۹	۰,۴۹
sum Cat.	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰	۳,۰۰
Mg#	۴۹,۵	۴۸,۵	۴۶,۵	۴۵,۵	۴۲,۴	۴۸,۵	۴۹,۵	۴۹,۵
Cr#	۸۷	۸۵	۸۴	۸۲	۸۸	۸۴	۷۹	۷۸

جدول ۲ نتایج تجزیه‌ی کانیاپی اسپینل‌های کرومیت موجود در واحدهای سنگی اولترامافیک منطقه‌ی فاریاب (Harzburgite = Hrз و Lherz = Lherzolite).

sample	F.1	F.2	F.3	F.4	F.5	F.6	F.7	F.8
MgO	۹,۰۲۳	۹,۳۰۷	۹,۷۰۸	۹,۰۶۲	۹,۱۰۱	۷,۴۲۰	۷,۰۴۰	۷,۲۵۰
TiO ₂	۰,۱۸۲	۰,۲۷۸	۰,۱۵۴	۰,۱۲۶	۰,۱۹۲	۰,۴۴۲	۰,۳۳۰	۰,۴۲۰
FeO	۲۹,۰۳۰	۳۱,۴۷۷	۲۸,۲۸۹	۳۰,۰۸۰	۲۸,۷۰۹	۳۲,۱۰۰	۳۰,۹۶۰	۳۱,۴۶۰
Cr ₂ O ₃	۳۸,۶۳۷	۳۰,۷۵۰	۳۷,۵۴۰	۳۵,۳۷۷	۳۷,۷۶۵	۳۲,۱۸۰	۳۷,۳۷۰	۳۵,۲۸۰
Al ₂ O ₃	۲۰,۵۸۶	۲۴,۴۰۴	۲۱,۶۷۱	۲۳,۲۱۰	۲۱,۷۵۶	۲۵,۲۷۰	۲۲,۰۲۰	۲۳,۱۴۰
Al	۰,۷۸۳	۰,۹۲۷	۰,۸۱۹	۰,۸۷۰	۰,۸۲۴	۰,۹۵۷	۰,۸۴۲	۰,۸۸۱
Ti	۰,۰۰۴	۰,۰۰۷	۰,۰۰۴	۰,۰۰۳	۰,۰۰۵	۰,۰۱۱	۰,۰۰۸	۰,۰۱۰
Cr	۰,۹۸۶	۰,۷۸۴	۰,۹۵۱	۰,۸۸۹	۰,۹۵۹	۰,۸۱۷	۰,۹۵۹	۰,۹۰۱
Mn	۰,۰۱۱	۰,۰۱۴	۰,۰۱۱	۰,۰۱۰	۰,۰۱۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۹	۰,۰۱۰
Mg	۰,۴۳۵	۰,۴۴۸	۰,۴۶۴	۰,۴۳۰	۰,۴۳۶	۰,۳۵۶	۰,۳۴۱	۰,۳۴۹
Fe ₂	۰,۵۸۶	۰,۵۲۸	۰,۵۰۸	۰,۵۳۶	۰,۵۳۹	۰,۶۲۶	۰,۶۳۶	۰,۶۳۵
Fe ₃	۰,۱۹۵	۰,۲۹۳	۰,۲۴۴	۰,۲۶۳	۰,۲۲۵	۰,۲۳۵	۰,۲۰۵	۰,۲۱۵
sum cat.	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰
Mg #	۴۲,۵۷۰	۴۵,۹۱۲	۴۷,۷۳۲	۴۴,۵۰۸	۴۴,۷۴۴	۳۶,۲۱۵	۳۴,۹۰۲	۳۵,۴۹۲
Cr #	۵۵,۷۲۴	۴۵,۸۰۰	۵۳,۷۳۶	۵۰,۵۴۴	۵۳,۷۸۸	۴۶,۰۶۲	۵۳,۲۲۸	۵۰,۵۵۲

No. of atoms, O = 4

Cr# = 100 Cr/(Cr+Al)

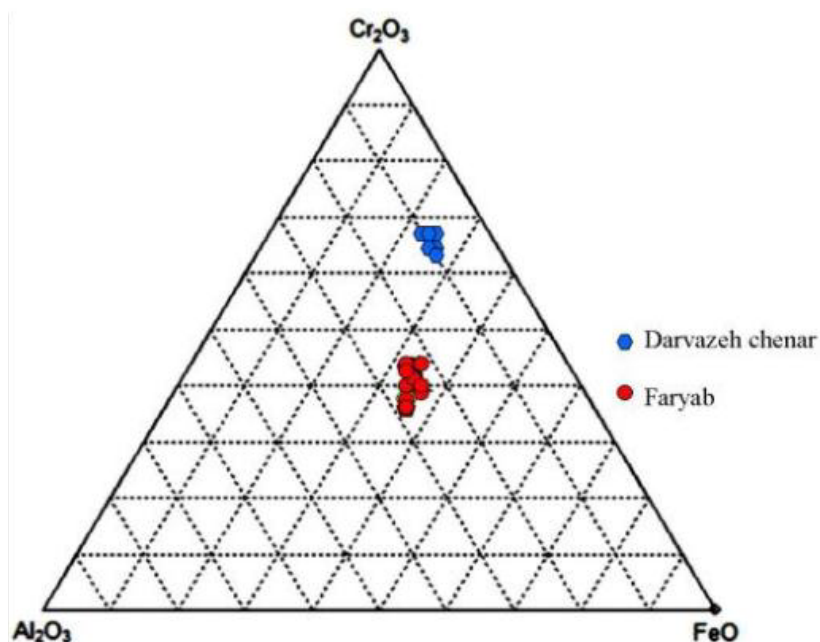
Mg# = 100 Mg/(Mg+Fe₂)

اسپینل‌های کروم‌دار دروازه چنار بیشتر ترکیب شیمیایی کرومیت و کمی منیزوکرومیت دارند و از نظر نوع کرومیتی در ناحیه همپوشانی کرومیت‌های لایه‌ای و انبانه‌ای قرار می‌گیرند. کرومیت‌های این منطقه با افیولیت‌های سایر مناطق جهان نیز مقایسه شده‌اند. چنانکه مشاهده می‌شود کرومیت‌های دروازه چنار با ترکیب کرومیت‌های تروُدوس همخوانی دارند و نسبت به کرومیت‌های عمان، غلاف‌های کوچک و عمیق هس (Hess) و پریدوتیت‌های عمیق [۱۵] مقادیر $Cr\#$ بالاتری دارند. در مقابل کرومیت‌های فاریاب دارای مقادیر $Cr\#$ پائینتری بوده و از این نظر شبیه کرومیت‌های انبانه‌ای پوسته بالایی افیولیت عمان هستند. این نمودار نیز کرومیت‌ها را بر اساس $Cr\#$ و $Mg\#$ به سه دسته آلومینیوم بالا، کروم بالا و آهن بالا [۱۶] تقسیم کرده است که کرومیت‌های دروازه چنار در گستره‌ی کرومیت‌های آهن بالا و تا حدودی کروم بالا قرار می‌گیرند، ولی کرومیت‌های فاریاب در گستره‌ی کرومیت‌های آلومینیوم بالا واقع می‌شوند. کرومیت‌های فاریاب شبیه به همبافت‌های مافیک الترامافیک دیگری چون همبافت‌های پاکستان، جنوب غرب ترکیه و Loubusa در تبت است و در ناحیه همپوشانی نوع آلی و لایه‌ای قرار دارند [۱۷].

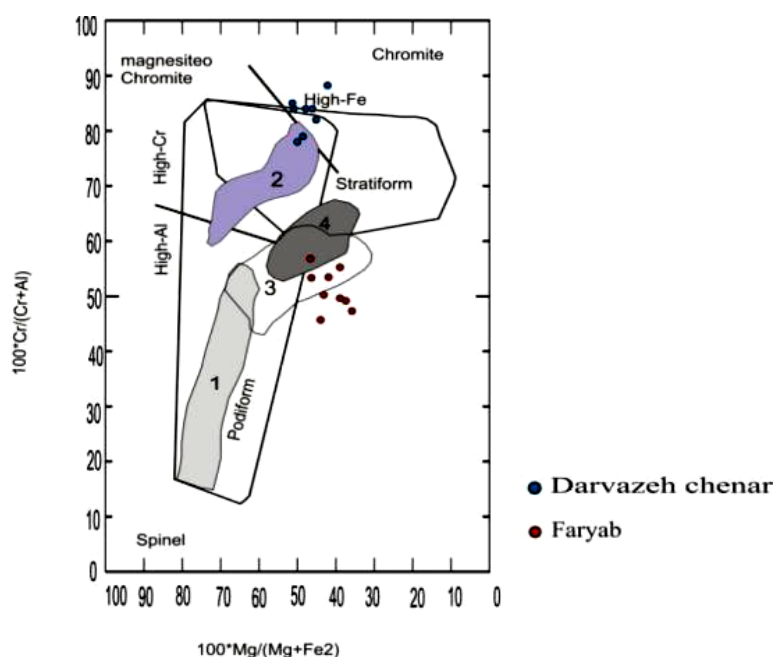
شکل ۹ موقعیت کرومیت دروازه چنار و فاریاب را در نمودار مثلی $Al_2O_3-Cr_2O_3-FeO$ نشان می‌دهد. مقدار اکسیدهای Al_2O_3 ، FeO و TiO_2 در کرومیت‌های فاریاب (میزان این اکسیدها به ترتیب برابر است با ۲۲/۷، ۳۰/۲ و ۰/۲۶) نسبت به کرومیت‌های دروازه چنار (مقدار این اکسیدها به ترتیب برابر است با ۸/۲، ۲۱/۳ و ۰/۰۸) بیشتر است. در کرومیت‌های معدن شهریار واقع در منطقه‌ی فاریاب میزان TiO_2 به بیشترین میزان ($TiO_2 = 0.4\%$) می‌رسد. در مقابل مقدار MgO ، Cr_2O_3 و $Cr\#$ در کرومیت‌های دروازه چنار (به ترتیب ۵۹/۷، ۹/۳ و ۸۳) بیشتر از کرومیت‌های فاریاب (به ترتیب ۳۵/۶، ۸/۵ و ۵۱/۲) است.

بحث و بررسی

ترکیب شیمیایی بلورهای کرومیت شاخصی از انواع مختلف ماگماها است [۵]، بنابراین با استفاده از ترکیب کرومیت‌ها می‌توان به خاستگاه و محیط زمین‌ساختی ماگمای تشکیل دهنده پی برد، بطوریکه کرومیت‌های وابسته به موقعیت‌های پشته‌ی میان اقیانوسی دارای $Cr\#$ پائینی هستند و کرومیت‌های با $Cr\#$ بالا (بیش از ۷۰) محدود به کرومیت‌های افیولیتی وابسته به قوس در موقعیت‌های SSZ هستند [۱۳]. بر اساس نمودار $Cr\#$ نسبت به $Mg\#$ [۱۴] (شکل ۱۰)



شکل ۹ موقعیت ترکیب کانی‌شناسی کرومیت‌های منطقه‌ی دروازه چنار و فاریاب روی نمودار A.C.F.



شکل ۱۰ ترکیب کرومیت‌های فاریاب و دروازه چنار در نمودار $Cr\#$ نسبت به $Mg\#$ و مقایسه‌ی کرومیت‌های این مناطق با پریدوتیت‌های عمیق (۱)، افیولیت‌های تروُدوس (۲)، غلاف‌های کوچک و عمیق هس (۳)، و کرومیت‌های انبانه‌ای پوسته بالایی افیولیت عمان (۴).

ترکیب ماگمای ریشه گرفته از پشته‌های میان اقیانوسی (MORB) به وجود آمده باشند.

پایین بودن مقدار TiO_2 یکی از ویژگی‌های کرومیت‌های انبانی و وجه تمایز آن‌ها با انواع چینه سان است. میزان این اکسید در کرومیت‌های انبانی معمولاً کمتر از ۰/۳ درصد است [۲۱]. مقادیر TiO_2 در کرومیت‌های دروازه چنار کمتر از ۰/۱ درصد و در کرومیت‌های فاریاب بجز کرومیت‌های معدن شهریار، پائینتر از ۰/۳ درصد است که نشان‌دهنده‌ی نوع آلیی بودن کرومیت‌های این دو منطقه است.

برای برآورد میزان ذوب بخشی پریدوتیت‌ها می‌توان از عدد کروم استفاده کرد زیرا عددهای کروم همبستگی مثبتی با ذوب بخشی دارند، به طوری که کرومیت‌های پریدوتیت‌های گوشته-ای با افزایش درجه تهی شدگی سرشار از کروم می‌شوند [۲۲]. بنابراین با توجه به بالاتر بودن عدد کروم کرومیت‌های دروازه چنار نسبت به فاریاب می‌توان گفت میزان ذوب بخشی برای پریدوتیت‌های منطقه‌ی دروازه چنار بیشتر بوده است. در جایگاه زمین‌ساختی SSZ شرایط مناسب برای ذوب بخشی درجه بالای پریدوتیت گوشته‌ای و تشکیل ماگمای بونینیتی را در منطقه دروازه چنار فراهم ساخته است.

برای تعیین محیط زمین‌ساختی کرومیت‌ها از نمودار TiO_2 در مقابل Al_2O_3 (شکل ۱۱) استفاده شد [۱۸]. اسپینل‌های پریدوتیتی در این نمودار می‌توانند به دو گروه تقسیم شوند: (۱) آن‌هایی که میزان TiO_2 و Al_2O_3 پائین دارند که در گستره‌ی وابسته به فرورانش (SSZ^1) قرار دارند و (۲) آن‌هایی که میزان TiO_2 و Al_2O_3 بالایی دارند و مشابه محیط‌های پشته‌ی میان اقیانوسی ($MORB^2$) هستند. در این نمودار کرومیت‌های دروازه چنار در گستره‌ی پریدوتیت‌های SSZ (وابسته به زون فرورانش) و کرومیت‌های فاریاب در هر دو گستره‌ی پریدوتیت‌های $MORB$ و SSZ (با همپوشی بیشتری در گستره‌ی SSZ) قرار گرفته‌اند. کرومیت‌های دروازه چنار از این نظر به کرومیت‌های افیولیت‌های کردستان عراق ([۱۹]) و کرومیت‌های دهشیر و نیریز [۸] شباهت دارند.

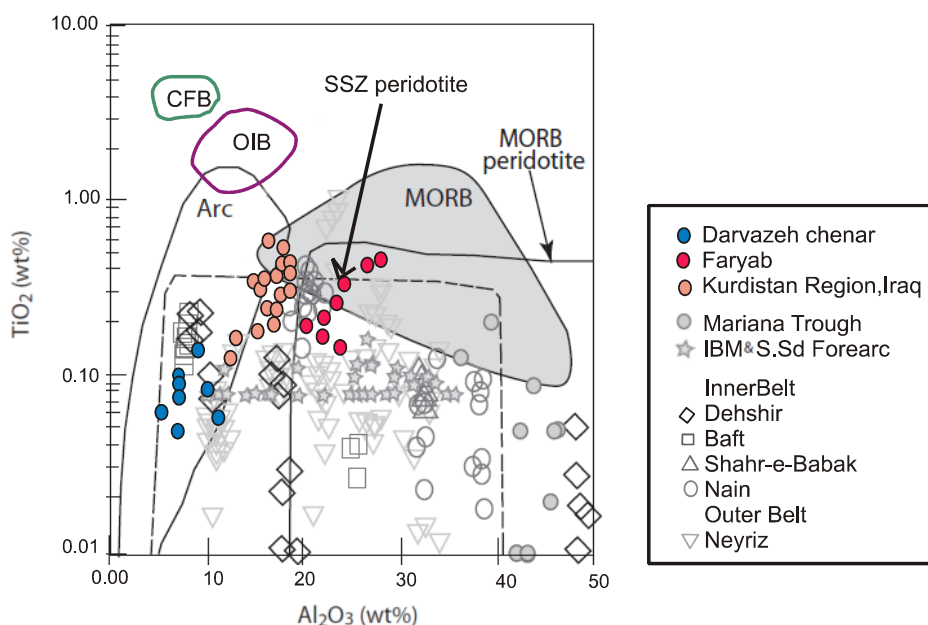
کرومیت‌های دروازه چنار دارای کروم بالا و اکسید تیتانیوم پائینی هستند بنابراین ماگمای مولد آن‌ها بر اساس نمودار $Cr\#$ نسبت به TiO_2 (شکل ۱۲) [۲۰] ترکیب بونینیتی داشته است. در مقابل کرومیت‌های فاریاب با میزان کروم پائین و اکسید تیتانیوم نسبتاً بالا، می‌توانند از ماگمایی با ترکیبی مشابه با

1- Suprasubduction

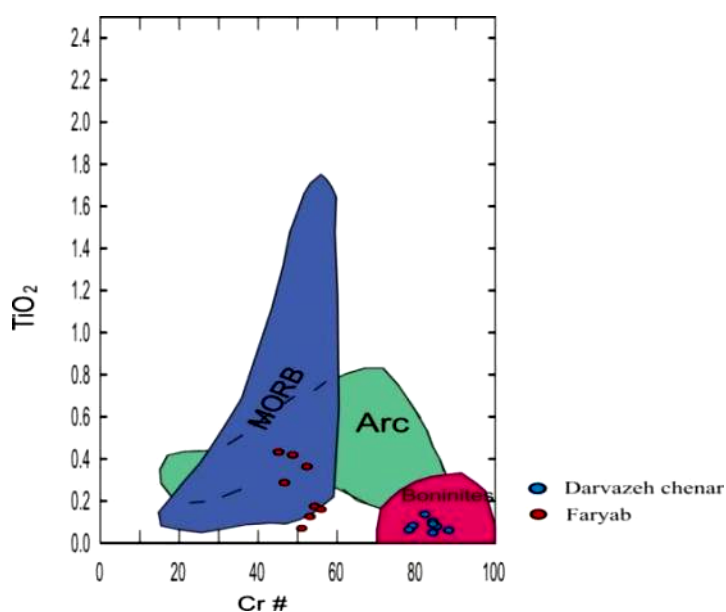
2- Mid Ocean Ridge

میزان Al در ترکیب اسپینل سنگ پریدوتیت نیز به درجه ذوب بخشی حساس است و به طور منظم با افزایش ذوب بخشی کاهش می یابد [۲۳]. میزان این عنصر در کرومیت های فاریاب

میزان Al در ترکیب اسپینل سنگ پریدوتیت نیز به درجه ذوب بخشی حساس است و به طور منظم با افزایش ذوب بخشی کاهش می یابد [۲۳]. میزان این عنصر در کرومیت های فاریاب



شکل ۱۱ نمودار (برگرفته از [۱۸]) نسبت به Al_2O_3 برای کرومیت های دروازه چنار و فاریاب و مقایسه ای آن ها با کرومیت های کمر بند افیولیتی زاگرس داخلی ایران شامل منطقه دهشیر، بافت، شهر بابک، نائین، کمر بند افیولیتی زاگرس خارجی (منطقه ی نیریز) و همچنین Izu-Bonin Mariana (IBM) South Sandwich forearc harzburgite (برگرفته از [۸] و کردستان عراق (داده ها از [۱۹]) از نظر ترکیب کرومیتی همبافت های آتشفشانی و پلوتونیک در محیط های زمین ساختی متفاوت شامل جریان های بازالتی قاره ای (CFB)، بازالت های پشته های میان اقیانوسی (MORB)، بازالت های جزایر اقیانوسی (OIB)، پریدوتیت های وابسته به منطقه ی فروانش (SSZ) و پریدوتیت های پشته های میان اقیانوسی (MORB Peridotite).



شکل ۱۲ کرومیت های دروازه چنار در گستره ی ترکیبات بونینیتی و کرومیت های فاریاب در گستره MORB قرار می گیرند.

برداشت

با استفاده از نمودارهای مختلف، نوع کرومیت‌های دروازه چنار انبانی و از نوع آهن و کروم بالا و کرومیت‌های فاریاب به کرومیت‌های انبانه‌ای پوسته بالایی افیولیت عمان شباهت دارند و از نوع آلومینیوم بالا تشخیص داده شدند. کرومیت‌های افیولیتی تنها می‌توانند از گدازه‌های اولیه اشباع در الیوین - کرومیت و غنی از آب پدیدار شوند و این شرایط تنها در محیط های وابسته به منطقه‌ی فرورانش رخ می‌دهد زیرا در این جایگاه مواد فرار می‌توانند از لبه فرورونده به داخل گوهی گوشته بالایی وارد شوند و در حضور مواد فرار در اثر ذوب بخشی با دمای بالای ماگمای بونینیتی غنی از منیزیم ایجاد شود. کرومیت‌های دروازه چنار نیز از ماگمایی با ترکیب بونینیتی در یک محیط وابسته به منطقه‌ی فرورانش (SSZ) تشکیل شده‌اند، در حالی که کرومیت‌های فاریاب از ماگمایی با ترکیب بازالت‌های پشته‌های میان اقیانوسی و در محیطی وابسته به SSZ بوجود آمده‌اند. پریدوتیت‌های دروازه چنار نسبت به پریدوتیت‌های فاریاب از درجات ذوب بخشی بالاتر گوشته به وجود آمده‌اند و از این رو درجات بالاتری از تهی شدگی نیز نشان می‌دهند.

مراجع

- [6] Sarkarinejad K., "Structural and microstructural analysis of paleotransform fault zone in Neyriz ophiolite, Iran", Geological Society of London Special Publication 218 (2003) 129-145.
- [7] Babaie H.A., Ghazi A.M., La Tour T.E., Hassanipak A.A., "Geochemistry of arc volcanic rocks of the Zagros crush zone, Neyriz, Iran", Journal of Asian Earth Sciences, 19 (2001) 61-76.
- [8] Shafaii Moghadam H., "The Dehshir Ophiolites (Central Iran): Geochemical constraint on the origin and evolution of the Inner zagros ophiolite belt", GSA Bulletin 122 (2010) 1516-1547.
- [۹] سبقتی ع، "تاثیر دگرگونی و هوازدهی بر پایداری شیب‌های سنگی بر اساس شرایط موجود در معدن فاریاب"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امیرکبیر (۱۳۷۸).
- [۱۰] صفایی م، "ژئوشیمی و زمین شناسی کانسار کرومیت فاریاب هرمزگان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز (۱۳۷۴).
- [11] Huber., "Explanatory text of the Minab quadrangle map 1:250,000", Geological survey of Iran No, J13 (1978).
- [12] Pazand K., Aliniya F., Ghanbari Y., Hassani H., Aghavali Nasrin., "A reconnaissance study of platinum group elements (PGE) contents from sulfide mineralization in pyroxenites in Faryab ophiolite of Iran", Arab J Geosci 5 (2011) 1021-1029.
- [13] Proenza J., Gervilla F., Melgarejo J. C., Bodinier J.-L., "Al-rich and Cr-rich chromitites from the ayari- Baracoa ophiolitic belt (Eastern Cuba) as the consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle", Econ. Geol. 94 (1999) 547-566.
- [14] Bridge J.C., Prichard H.M., "Podiform chromite-bearing ultramafic rocks from the Braganca Massif, northern Portugal: fragments of island arc?" Geology Mag, 132 (1995) 39-49.
- [15] Rollinson H., "Chromite in the mantle section of the Oman ophiolite: A new genetic model", The Island Arc 14 (2005) 542-550.
- [16] Zhou M. F., Robinson P. T., "Origin and tectonic environment of podiform chromite deposits", Economic Geology 92 (1997) 259-262.
- [17] Najafzadeh A. R., Arvin M., Pan Y., Ahmadipour H., "Podiform Chromitites in the Sorkhband Ultramafic Complex, Southern Iran: Evidence for Ophiolitic Chromitite", Journal of Sciences, GSI 19 (2008) 49-65.
- [۱] آقابات‌ی ع، "زمین شناسی/یران"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۳).
- [۲] حشمت بهزادی ک، شهاب پور ج، "ژئوشیمی و مکانیسم تشکیل و جایگیری ذخایر کرومیت مناطق اسفندقه و فاریاب واقع در استان کرمان"، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین (۱۳۸۹).
- [۳] قربانی م، "دیباجه‌ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور (۱۳۸۱).
- [4] Hallam A., "Geology and plate tectonics interpretation of the sediments of the Mesozoic radiolarite-ophiolite complex in the Neyriz region, Southern Iran", Geological Society of America Bulletin 87 (1976) 47-52.
- [5] Melcher F., Grum W., Simon G., Thalhammer T. V., Stumfl F., "Petrogenesis of the ophiolitic giant chromite deposits of Kempirisai, Kazakhstan: a study of solid and fluid inclusions in chromite", J. Petrol, 38 (1997) 1419-1458.

geochemistry of chromitite of the Kluchevskoy ophiolite complex, central Urals (Russia) , Ore geology rew 33 (2001) 20-30.

[22] Dick H.J.B., Bullen T., "*Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotite s and spatially associated lavas*", Contributions to Mineralogy and Petrology 86 (1984) 54–76.

[23] Zhou M., Robinson P.T., Malpas J., Edwards S.J., QI L., "*REE and PGE geochemical constraints on the formation of dunites in the Luobusa ophiolite, southern Tibet*", J. Petrol 46 (2005) 615-639.

[18] Kamenetsky V.S., Crawford A.J., Meffre S., "*Factors controlling chemistry of magmatic spinel: An empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusions from primitive rocks*", Journal of Petrology 42 (2001) 655–671.

[19] Mohammad Y. O., "*Serpentinites and their tectonic signature along the Northwest Zagros Thrust Zone, Kurdistan Region, Iraq*", Arab J Geosci 4 (2011) 69–83.

[20] Page P., Bedard J. H., Schroetter J.-M., Tremblay A., "*Mantle Petrology and Mineralogy of the Thetford, Mines Ophiolite Complex*", Lithos 100 (2008) 255–292.

[21] Zaccarini F., Pushkarev E., Garuti G., "*Plutinium-group element mineralogy and*