



ژئوشیمی و شکل گیری کرومیت‌های مناطق دروازه چnar (نیریز) و فاریاب

مرضیه بازآمد^۱، حسن میرزاد^{۲*}

دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران

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

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

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

randگی زاگرس به سمت جنوب اینجا 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 دگرشیبی و گسل خودگی 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، پیروکسنتیت و هارزبورزیت.

بررسی‌های قبلی نشان می‌دهد که با استفاده از ترکیب شیمیایی بلورهای کرومیت می‌توان نوع ماگمای بوجود آورده 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 پشت‌های میان اقیانوسی همخوانی دارند [۵]. بنابراین کانی‌های کرومیت از افیولیت‌های دروازه چnar و فاریاب به روش ریزکلاوش

مقدمه
افیولیت‌های ایران غالباً سن کرتاسه دارند که در اثر بسته شدن اقیانوس نئوتیس در اوخر کرتاسه و برخورد صفحه‌ی عربستان به صفحه‌ی ایران زمین در نئوژن به وجود آمداند [۱]. همیافت اولترامافیک فاریاب اساساً متشكل از لایه‌های دونیتی به همراه مقدار کمتری هارزبورزیت - ورلیت و پیروکنسیت است که به صورت توده‌های نسبتاً بزرگی به مساحت چندین کیلومتر مربع در داخل همیافت دگرگونی بچگان جایگزین شده‌است. این همیافت از نظر ذخایر کرومیت بسیار اهمیت دارد و بزرگترین معدن 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 دالنشیان قرار دارد [۱]. این افیولیت در خاور نیریز در اثر

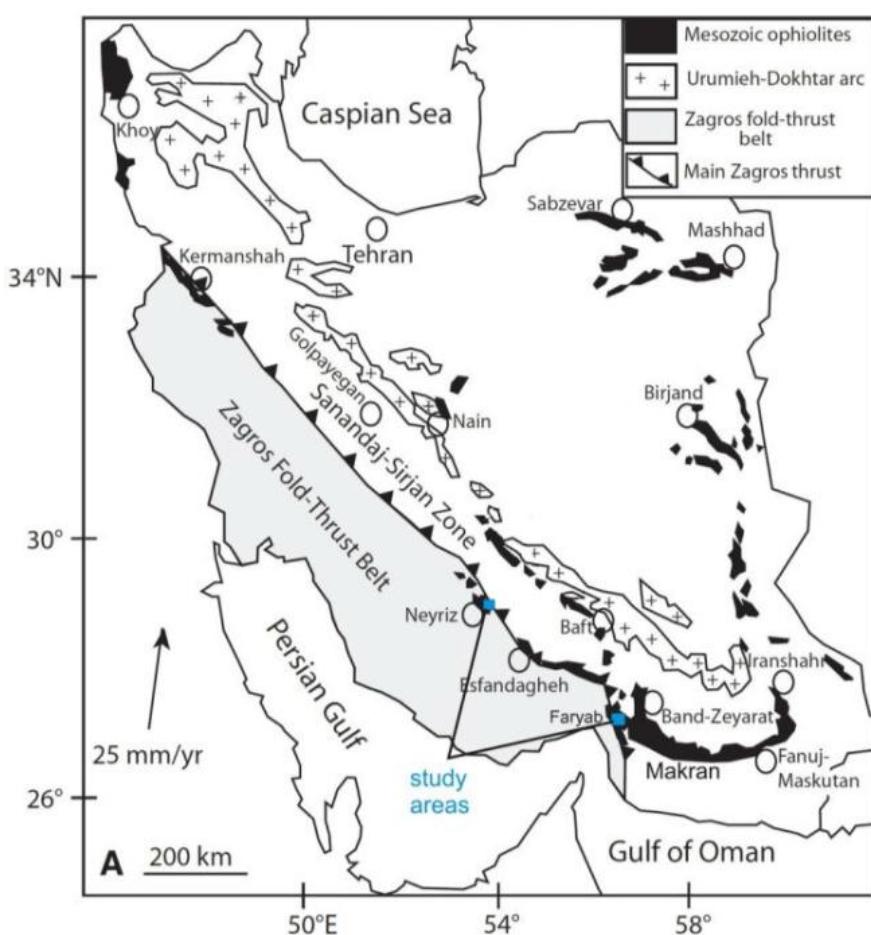
* نویسنده مسئول، تلفن نمبر: ۰۶۱۱۱۲۹۵۹، پست الکترونیکی: mirnejad@khayam.ut.ac.ir

لایه‌ای، دنباله‌ی پوسته‌ای متشكل از گابروی همسانگرد، دایک‌های ورقه‌ای، گدازه‌های بالشی، و رادیولاریت [۶]. این افیولیت روی سازند پیچگون رانده شده و در بالای این سازند، دنباله‌ی گوشه‌ای 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 نظری مرمر، آمفیبولیت، میکاشیست و سرپانتینیت به سن تریاپس پسین تا کرتاسه میانی است [۷] در منطقه‌ی دروازه چنار بخش‌های الترامافیکی گسترده‌تر از بخش‌های مافیکی است. پیروکسینیت، دونیت، هارزبورزیت و کرومیت از واحدهای سنگی اصلی منطقه را تشکیل می‌دهد. بخش کرومیتی در منطقه غالباً با پریدوتیتها و ارتوبیپروکسنیت‌ها همراه است و عموماً بافت افسان دارد. سرپانتینیت شدن با درجات پایین نیز در منطقه دیده می‌شود.

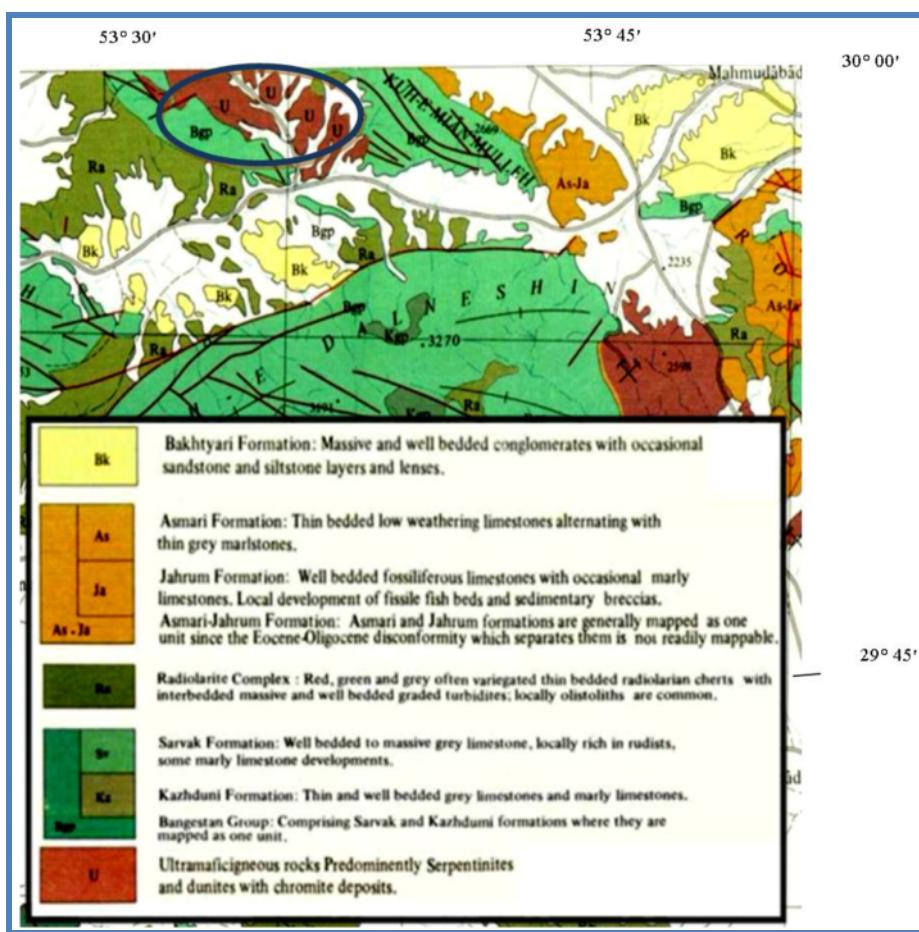
الکترونی مورد بررسی قرار گرفتند. این کار پژوهشی به بررسی ژئوشیمی، ترکیب، تعیین نوع ماقمای تشکیل دهنده و تشخیص محیط زمین ساختی کرومیت‌های دروازه چنار و فاریاب و مقایسه کرومیت‌های این دو منطقه با یکدیگر می‌پردازد.

زمین‌شناسی دوازه چنار

توده‌ی مافیک-الترامافیک دروازه چنار واقع در منطقه‌ی سندنج-سیرجان، بخشی از توده‌ی افیولیتی نیریز است که نزدیک به روستای دروازه چنار بروند دارد (شکل ۱). واحدهای چینه‌شناسی در منطقه‌ی نیریز به ترتیب عبارتند از سازندهای سروک، دالنشین، پیچگون، بختگان، افیولیت‌های نیریز و تاربور [۴]. مجموعه‌ی افیولیتی نیریز از پائین به بالا عبارتند از بخش زمین ساختی متشكل از هارزبورزیت، 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 سندنج-سیرجان و مکران نشان می‌دهد (برگرفته از [۸]).



شکل ۲ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی نیریز (برگرفته از نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰ شیراز، شماره G11) منطقه‌ی دروازه چنار بخشی از گستره مشخص شده درون بیضوی است.

رودان به همبافت آمیزه‌ی رنگین محدود می‌شود (شکل ۳). مجموعه‌ی سربند در برگیرنده‌ی توده‌ی مافیک-الترامافیک فاریاب است و دارای مقدار زیادی رسوب آهکی پلاژیک، گذازه‌های بالشی، رسوب‌های توربیدیاتی، 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، هارزبورزیت، الیوین و بستریت و پیروکسینیت 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، افسان، لایه‌ای و لایه‌ای تداخلی (شکل ۴) و بافت‌های ثانویه کاتاتکلاستیکی دارند. بافت لایه‌ای حاصل جدایی دو فاز

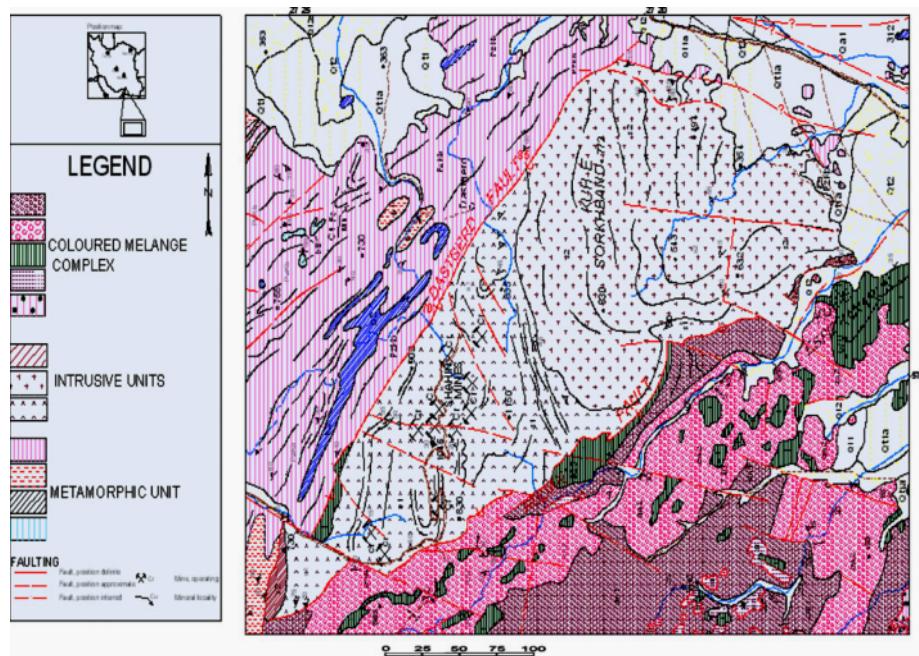
افیولیت‌های منطقه فاریاب

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 سربند معروف است از هر جهت دارای مرزهای گسله با اطراف است [۹]. سنگ‌های افیولیتی این منطقه بلوكهای پوسته‌ی اقیانوسی تیس هستند که طی دوره‌ی کرتاسه فوقانی روی حاشیه‌ی قاره‌ای قرار گرفته‌اند [۱۰]. مجموعه‌های سنگی موجود در منطقه شامل مجموعه‌ی دگرگون بجگان، مجموعه‌ی آمیزه‌ی رنگین و اولترامافیک‌های سربندند که مجموعه‌ی دگرگون بجگان از شیست، متاکابرو، متادیاباز، سنگ آهک و آمفیولیت تشکیل شده است [۱۱]. همبافت سربند بزرگ‌ترین سازند زمین‌شناسی منطقه‌ی فاریاب است که از شرق و شمال شرق به همبافت بجگان که سازندی دگرگون است وابسته شده و از غرب و جنوب غرب به وسیله‌ی گسل

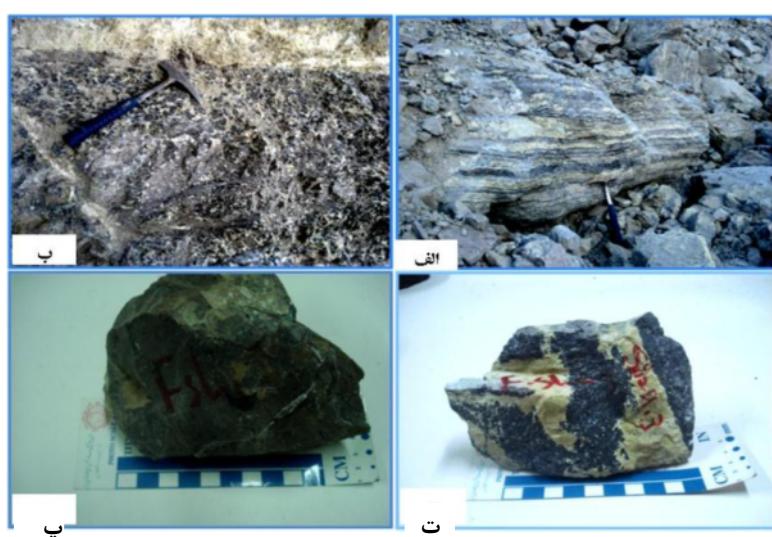
تحت نیز دیده می‌شوند. راستای توده‌های کرومیتی لایه مانند یا عدسی پهن در جهت شمال شرقی - جنوب شرقی است. حرکت‌های زمین‌ساختی در بعضی قسمت‌ها شدید بوده به طوری که عدسی‌ها و توده‌های کرومیت در بعضی قسمت‌ها در اثر زمین‌ساختی شکسته شده و در بخش‌هایی چین خورده‌اند. این منطقه ویژگی‌های زمین‌ساختی پیچیده‌ای دارد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

کرومیتی و سیلیکاتی از یکدیگر در هنگام تبلور و تهشینی ماقوم است و باعث تشکیل نوارهایی از کرومیت با ضخامت‌های متفاوت با میان لایه‌های سیلیکات می‌شود. کانسینگ‌های افشاران 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 تداخلی، (ب) بافت نودولار، (پ) بافت لایه‌ای تداخلی، (ت) کرومیتیت توده‌ای قهوه‌ای رنگ.

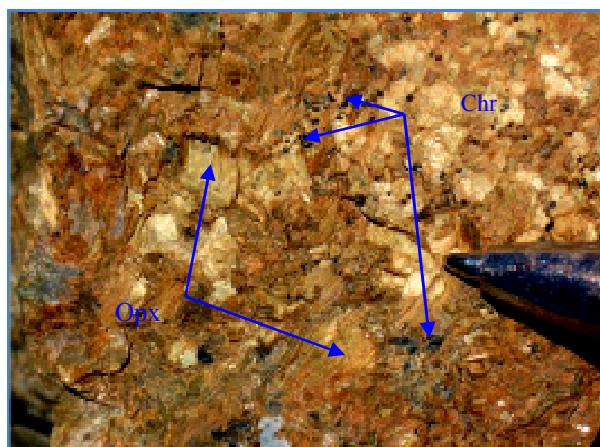
می‌شوند (شکل ۵). کانی‌های تشکیل دهنده‌ی این ارتوپیروکسنیت‌ها به ترتیب فراوانی عبارتند ارتوپیروکسن، کرومیت، کلینوپیروکسن و الیوین می‌باشند. بافت سنگ‌ها دار بوده و در بعضی موارد ارتوپیروکسن‌ها دارای تیغک‌هایی از کانی‌های کلینوپیروکسن هستند. کانی‌های ارتوپیروکسن، بخصوص از حاشیه و در راستای شکستگی‌ها به 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 مرمرکز 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 بازنگی با رنگ خاکستری رنگ پریده، بدون رخ و بازتابش کم نور قابل مشاهده‌اند.

روش بررسی

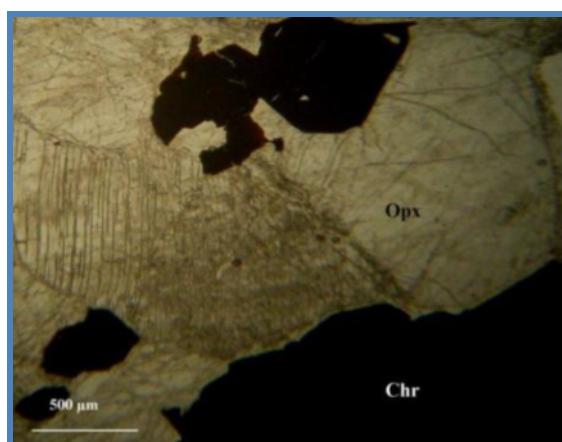
به منظور تعیین شیمی کانی‌ها، پس از تهیه مقاطع نازک - صیقلی و بررسی‌های سنگنگاری، تعداد ۸ نقطه از کرومیت‌های دروازه چnar و ۸ نقطه از کرومیت‌های فاریاب در آزمایشگاه کانی‌شناسی دانشگاه کارلتون کانادا مورد تجزیه‌ی FeO و Fe_2O_3 (EMP) قرار گرفتند. مقادیر MnO ، بر پایه Mn/Mg عنصر سنجی اسپینل برآورد شد. دقت دستگاه برابر ۰.۱٪ برای عناصر اصلی و ۰.۵٪-۱.۰٪ برای عناصر فرعی-کمیاب بوده است.

سنگنگاری

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



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



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

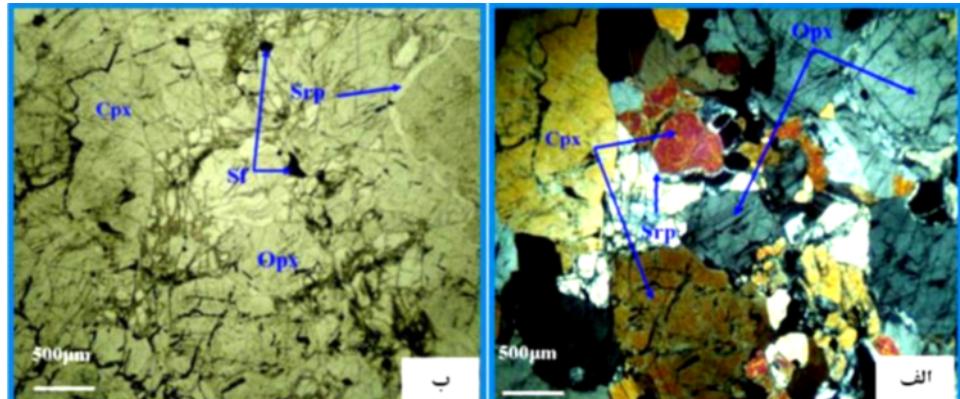
رنگ زرد روشن و زرد متمایل به خاکستری دیده می‌شوند. بیشتر کانی‌های سولفیدی منطقه از کالکوپیریت و پیریت تشکیل شده‌اند (شکل ۸).

شیمی کانی‌ها

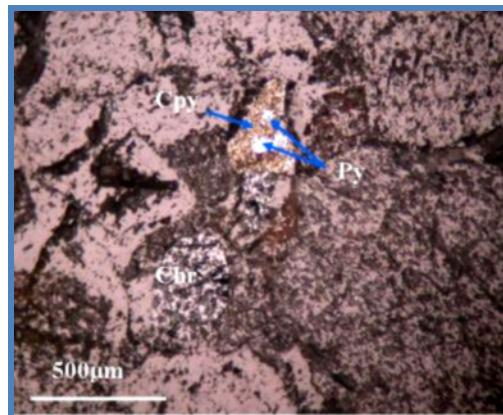
کرومیت‌های منطقه‌ی دروازه چنار دارای میانگین ترکیب $(\text{Mg}_{0.47}, \text{Fe}_{0.52}, \text{Mn}_{0.01})(\text{Cr}_{1.59}, \text{Al}_{0.33})_{2}\text{O}_4$ نسبت Cr/Fe بالا، $\text{Cr} \# = ۲۶۵$ با $\text{Mg} \# = ۷۸$ تا ۸۸ با میانگین ۸۳ ، $\text{TiO}_2 = ۰.۰۸\%$ و اکسید تیتانیوم پائین (میانگین $۴۹.۵ - ۴۲.۵$) دیده می‌شوند (جدول ۱).

بنابر نتایج تجزیه کرومیت‌های فاریاب (جدول ۲)، این کرومیت‌ها حاوی آلومینیوم و تیتانیوم نسبتاً بالا، $\text{Cr} \# = ۳۴.۹ - ۴۷.۷$ و دارای فرمول ساختاری $(\text{Mg}_{0.4}, \text{Fe}_{0.59}, \text{Mn}_{0.01})(\text{Cr}_{0.92}, \text{Al}_{0.89}, \text{V}_{0.006})_{2}\text{O}_4$ هستند. میانگین نسبت $\text{Cr}/\text{Fe} = ۰.۱۸, \text{TiO}_2 = ۰.۰۰۷$ این کرومیت‌ها $۱/۱$ و میانگین $\text{Cr} \# = ۵۲$ است.

سنگ میزبان کرومیت در معادن فاریاب دونیت است که در بیشتر قسمت‌ها به شدت سرپانتینی شده است. بافت نواری و افshan از بافت‌های غالب کرومیت‌های منطقه هستند. کرومیت‌های افshan 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 (Srp=Serpentine) (الف) نور XPL و (ب) نور PPL



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

جدول ۱ نتایج تجزیه‌ی کانیابی اسپینل‌های کرومیت موجود در واحدهای سنگی اولترامافیکی منطقه‌ی دروازه چنار (Hz = Harzburgite) 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	۷,۷۲۳	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	۰,۰۱۳	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
Fe2	۰,۵	۰,۵۱	۰,۵۳	۰,۵۴	۰,۵۷	۰,۵۱	۰,۵	۰,۵
Fe3	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 کانیابی اسپینل‌های کرومیت موجود در واحدهای سنگی اولترامافیکی منطقه‌ی فاریاب (Hz = Harzburgite) 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	۷,۱۴۰	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	۰,۷۸۲	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
Fe2	۰,۵۸۶	۰,۵۲۸	۰,۵۰۸	۰,۵۳۶	۰,۵۳۹	۰,۶۲۶	۰,۶۲۶	۰,۶۳۵
Fe3	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	۵۲,۷۸۸	۴۶,۰۶۲	۵۳,۲۲۸	۵۰,۵۵۲

No. of atoms, O = 4

Cr# = 100 Cr(Cr+Al)

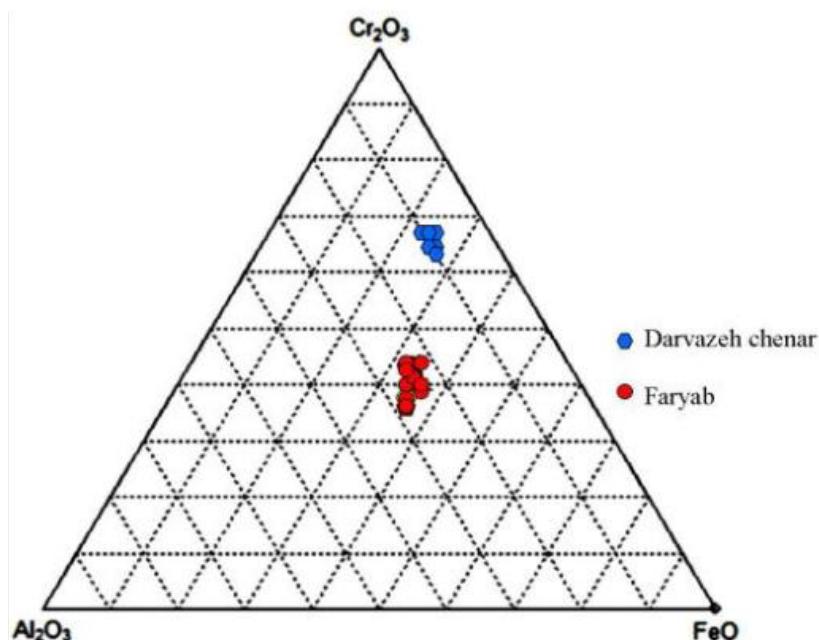
Mg# = 100 Mg(Mg+Fe2)

اسپینل‌های کرومدار دروازه چnar بیشتر ترکیب شیمیایی کرومیت و کمی منیزیوکرومیت 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 چnar با ترکیب کرومیت‌های ترودوس همخوانی دارند و نسبت به کرومیت‌های عمان، غلاف‌های کوچک و عمیق هس (Hess) و پریدوتیت‌های عمیق [۱۵] مقدار Cr# پائینتری بوده و مقابله کرومیت‌های فاریاب دارای مقدار Cr# پائینتری بوده و از این نظر شبیه کرومیت‌های انبانه‌ای پوسته بالای 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 چnar 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 آلپی و لایه‌ای قرار دارند [۱۷].

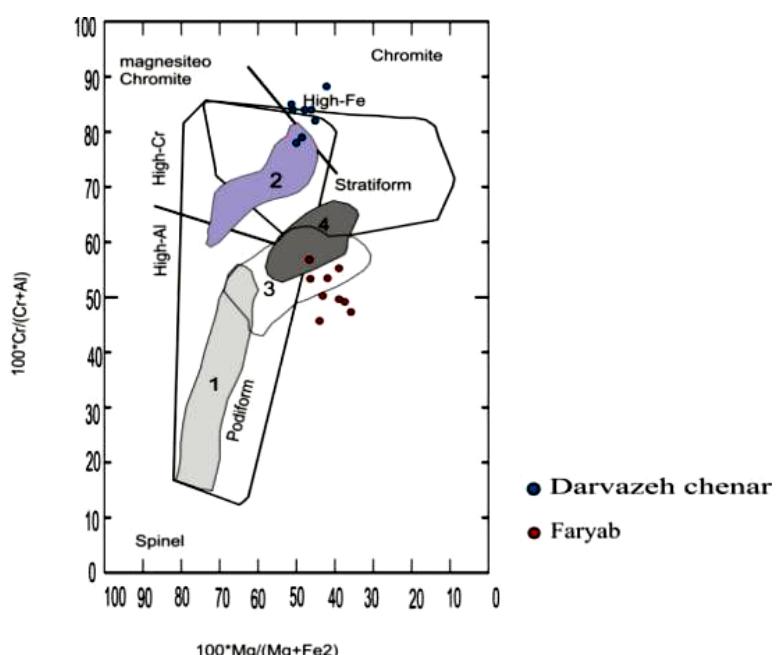
شکل ۹ موقعیت کرومیت دروازه چnar و فاریاب را در نمودار مثلثی $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-FeO}$ نشان می‌دهد. مقدار اکسیدهای TiO_2 و FeO , Al_2O_3 اکسیدها به ترتیب برابر است با ۰.۲۶ و ۰.۲۰٪. نسبت به کرومیت‌های دروازه چnar (مقدار این اکسیدها به ترتیب برابر است با ۰.۰۸ و ۰.۳۱٪) بیشتر است. در کرومیت‌های معدن شهریار واقع در منطقه‌ی فاریاب میزان TiO_2 به بیشترین میزان ($\text{TiO}_2 = 0.4\%$) می‌رسد. در مقابل مقدار MgO در کرومیت‌های دروازه چnar (به ترتیب ۰.۷۹٪ و ۰.۸۳٪) بیشتر از کرومیت‌های فاریاب (به ترتیب ۰.۶۵٪ و ۰.۱۲٪) است.

بحث و بررسی

ترکیب شیمیایی بلورهای کرومیت شاخصی از انواع مختلف ماقماها است [۵]، بنابراین با استفاده از ترکیب کرومیت‌ها می‌توان به خاستگاه و محیط زمین‌ساختی ماقماهی تشکیل دهنده پی برد، بطوریکه کرومیت‌های وابسته به موقعیت‌های پشتی میان اقیانوسی دارای Cr# پائینی هستند و کرومیت‌های با Cr# بالا (بیش از ۰.۷۰٪) محدود به کرومیت‌های افیولیتی وابسته به قوس در موقعیت‌های SSZ هستند [۱۳]. بر اساس نمودار Cr# نسبت به Mg# [۱۰] (شکل ۹) (A.C.F)



شکل ۹ موقعیت ترکیب کانی شناسی کرومیت‌های منطقه‌ی دروازه چnar و فاریاب روی نمودار A.C.F.



شکل ۱۰ ترکیب کرومیت‌های فاریاب و دروازه چنار در نمودار $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ نسبت به $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}_2)$ مقایسه‌ی کرومیت‌های این مناطق با پریدوتیت‌های عمیق (۱)، افیولیت‌های ترودوس (۲)، غلافهای کوچک و عمیق هس (۳)، و کرومیت‌های انبانه‌ای پوسته بالایی افیولیت عمان (۴).

ترکیب ماقمای ریشه گرفته از پشتنهای 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 0.3% درصد است [۲۱]. مقدادر TiO_2 در کرومیت‌های دروازه چنار کمتر از 0.1% درصد و در کرومیت‌های فاریاب بجز کرومیت‌های معدن شهریار، پائینتر از 0.3% درصد است که نشاندهنده نوع آلپی بودن کرومیت‌های این دو منطقه است.

برای برآورد میزان ذوب بخشی پریدوتیتها می‌توان از عدد کروم استفاده کرد زیرا عده‌های کروم همبستگی مثبتی با ذوب بخشی دارند، به طوری که کرومیت‌های پریدوتیت‌های گوشته‌ای 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 ماقمای بونینیتی را در منطقه دروازه چنار فراهم ساخته است.

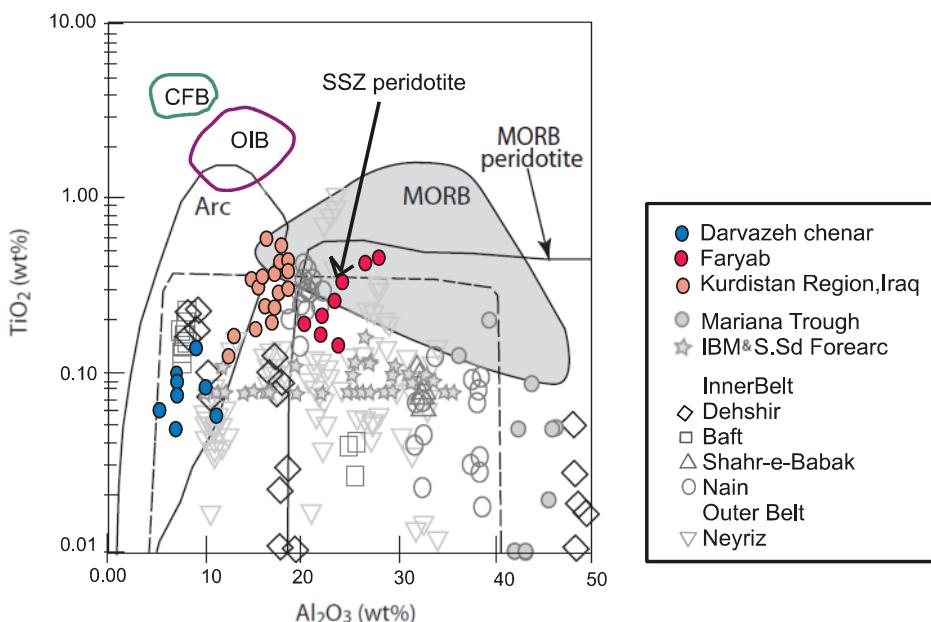
برای تعیین محیط زمین‌ساختی کرومیت‌ها از نمودار TiO_2 در مقابل Al_2O_3 (شکل ۱۱) استفاده شد [۱۸]. اسپینل‌های پریدوتیتی در این نمودار می‌توانند به دو گروه تقسیم شوند: (۱) آن‌هایی که میزان TiO_2 و Al_2O_3 پائین دارند که در گستره‌ی واپسی به فرورانش (SSZ^۱) قرار دارند و (۲) آن‌هایی که میزان TiO_2 و Al_2O_3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

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

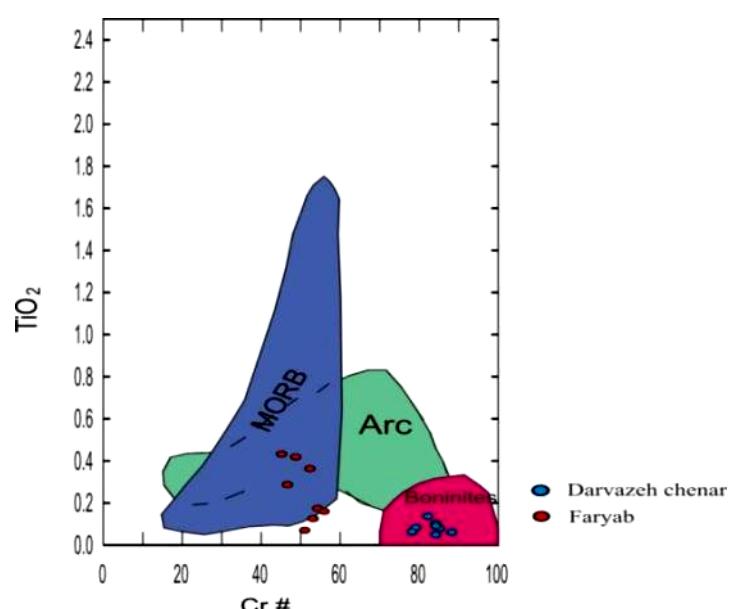
1- Suprasubduction
2- Mid Ocean Ridge

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

۰/۹۲-۰/۷۸ و در نیریز ۰/۴۲-۰/۲۳ است بنابراین چنانکه گفته شد درجه ذوب بخشی پریدوتیت‌های دروازه چnar بیشتر از فاریاب است.



شکل ۱۱ نمودار (برگرفته از [۱۸]) TiO_2 نسبت به Al_2O_3 برای کرومیت‌های دروازه چnar و فاریاب و مقایسه‌ی آن‌ها با کرومیت‌های کمریند افیولیتی زاگرس داخلی ایران شامل منطقه دهشیر، بافت، شهر بابک، نائین، کمریند افیولیتی زاگرس خارجی (منطقه‌ی نیریز) و همچنین Izu-Izu-Arc (برگرفته از [۸] و کردستان عراق (داده‌ها از [۱۹]) از نظر ترکیب کرومیتی همبافت‌های آتشفسانی و پلوتونیکی در محیط‌های زمین‌ساختی متفاوت شامل جریان‌های بازالتی قاره‌ای (CFB)، بازالت‌های پشت‌های میان اقیانوسی (MORB)، بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB)، پریدوتیت‌های وابسته به منطقه‌ی فروزانش (SSZ) و پریدوتیت‌های پشت‌های میان اقیانوسی (MORB Peridotite).



شکل ۱۲ کرومیت‌های دروازه چnar در گستره‌ی ترکیبات بونینیتی و کرومیت‌های فاریاب در گستره MORB قرار می‌گیرند.

- [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، "تأثیر دگرگونی و هوازدگی بر پایداری شبکهای سنگی بر اساس شرایط موجود در معدن فاریاب" ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امیرکبیر (۱۳۷۸).
- [۱۰] صفائی 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., Gerville 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.

برداشت

با استفاده از نمودارهای مختلف، نوع کرومیت‌های دروازه چnar 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 محیط‌های وابسته به منطقه‌ی فروراش رخ می‌دهد زیرا در این جایگاه مواد فرار می‌توانند از لبه فرورونده به داخل گوهی گوشتیه بالایی وارد شوند و در حضور مواد فرار در اثر ذوب بخشی با دمای بالای ماقمای بونینیتی غنی از منیزیوم ایجاد شود. کرومیت‌های دروازه چnar نیز از ماقمایی با ترکیب (SSZ) بونینیتی در یک محیط وابسته به منطقه‌ی فروراش تشکیل شده‌اند، در حالی که کرومیت‌های فاریاب از ماقمایی با ترکیب بازالت‌های پشت‌های میان اقیانوسی و در محیطی گوشتیه به وجود آمده‌اند. پریدوتیت‌های دروازه چnar نسبت به پریدوتیت‌های فاریاب از درجات ذوب بخشی بالاتر گوشتیه به وجود آمده‌اند و از این رو درجات بالاتری از تهی شدگی نیز نشان می‌دهند.

مراجع

- [۱] آقانباتی ع، "زمین شناسی ایران" ، 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، "دبیاچه‌ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران" ، انتشارات سازمان زمین شناسی واکنش اکتشاف معدنی کشور (۱۳۸۱).
- [4] Hallam A., "Geology and plate tectonics interpretation of the sediments of the Mesozoic radiolarit-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 rev 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., "Platinum-group element mineralogy and