پتـــــرولوژی، سال اول، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۹، صفحه ۶۵- ۷۲
تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۶/۱۵

روابط بافتی همیافتی، کلینتونیت- اسپینل- گارنت در اسکارن‌های ایران مرکزی به‌عنوان شواهدی در زایش کلینتونیت

جواد قانعی اردکانی [*1] و محمد علی مکی‌زاده [2]
[1] دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ایران
[2] گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

اسکارن‌سازی در دو منطقه فشارک و شیرکوه، واقع در نوار ماگماتیسم سنوزوییک ایران مرکزی با نفوذ گرانیتوییـد بـه درون سنگ‌های دولومیتی- کربناتی کرتاسه زیرین انجام گرفته است. همیافتی اصلی کانیایی مورد بحث در فشارک کلینتونیت- اسپینل-گارنت و در شیرکوه کلینتونیت-اسپینل است. کلینتونیت یا در مجاورت با گارنت و اسپینل قرار گرفتـه و یـا آن دو را به‌صورت ادخال در برگرفته است و با آنها رابطه‌ای پایدار نشان می‌دهد. تحلیل رفتن حواشی و توسعه بافت‌های خورده‌شدگی در این دو کانی شواهد بافتی هستند که اسپینل و گارنت را منبع تامین Al برای زایش کلینتونیت طبق واکنش زیر معرفی می‌کنند: $7\ \text{Spinel} + \text{Grossular} + \text{CaMg}(CO_3)_2 + SiO_2 + 4H_2O = 4\ \text{Clintonite} + 2CO_2$.

واژه‌های کلیدی: اسپینل، اسکارن، ایران مرکزی، شیرکوه، فشارک، کلینتونیت

Archive of SID

مقدمه

کلینتونیـت یـا زانتوفیلیـت از خـانواده میکاهـای کلسـیم‌دار تـری‌اکتاهـدرال (Trioctahedral calcium brittle micas) بـا ترکیـب شـیمیایی آرمـانی $Ca(Mg_2Al)(SiAl_3)O_{10}(OH)_2$ اسـت (Olesch and Seifert 1976؛ زندی‌فر و همکاران، ۱۳۸۷). این خانواده ازمیکاها به‌عنوان عنصر اساسی در ساختمان خویش به‌جای پتاسیم، حاوی کلسیم هستند. سختی زیاد و نداشتن ورقه‌های کلیواژی الاستیک از ویژگی‌های آنهاست. با آن‌که این میکاها کمیاب هستند، در اسکارن‌های سیلیسی (Guggenheim, 1984) گاه در کربنات‌های دگرگون شده حرارتی (Wenk and Bulkan, 2004)، یا سنگ‌های دگرگون شده حرارتی غنی از کلسیم و آلومینیم (Olesch, 1975) یافت می‌شوند. همچنین، عمومی‌ترین رخداد این کانی با تالک در کلریت شیست و با اسپینل، گروسولر، کلسیت،

* ghaneijavad@yahoo.com

www.SID.ir

وزوویانیت، کلینوپیروکسن (فاساییت) و فلوگوپیت در سنگ‌های آهکی و دگرسان شده متاسوماتیکی (مکی‌زاده، ۱۳۸۷) است.

در ایران این کانی در اسکارن‌های فشارک (احمدی، ۱۳۶۷؛ نوربهشت، ۱۳۷۰؛ Hibbard، ۲۰۰۲) و سپس در دو نقطه از اسکارن‌های متنوع شرق شیرکوه؛ یعنی: کوه در منشاد (نورهشت و همکاران، ۱۳۷۵ و ۱۳۷۷) و باقی‌آباد (داوودی، ۱۳۷۷) شناسایی شده است. شیرانی‌بیدآبادی (۱۳۷۷) و وهابی‌مقدم (۱۳۷۹) نیز در رساله‌های خود اسکارن‌های فشارک را مطالعه نموده‌اند.

اخیراً زندی‌فر و همکاران (۱۳۸۷) بر مبنای کارهای پژوهشی کلاسیک شرایط تشکیل کلینونیت را در اسکارن حسن‌آباد جنوب غرب یزد مطالعه نموده‌اند. این مقاله، بر پایه مشاهدات روابط بافتی کلینتونیت، اسپینل و گارنت در اسکارن فشارک و باقی‌آباد استوار شده و هدف آن پیش‌بینی واکنش‌های احتمالی پیدایش کلینتونیت، تنها در مرحله‌ای از تکوین این اسکارن‌هاست که ممکن است از نظرها دور مانده باشد.

روش انجام پژوهش

هنگام برداشت‌های صحرایی ۱۰ نمونه از اسکارن اسپینل‌دار فشارک و نیز ۱۵ نمونه از اسکارن ملیلیت اسپینل‌دار شیرکوه انتخاب شد. همه نمونه‌ها مورد مطالعات سنگ شناختی توسط میکروسکوپ پلاریزان قرار گرفت. تجزیه‌های نقطه‌ای توسط مایکروپروب Cameca SX-50 در دانشگاه استراسبورگ (فرانسه) و دانشگاه اکلاهاما (آمریکا) انجام شده است. شرایط تجزیه‌های نقطه‌ای ولتاژ ۱۵ kV و جریان الکتریسیته nA ۱۵بوده است. تصحیحات توسط برنامه ZAF محاسبه شده است.

زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی

اسکارن‌های فشارک در ۷۵ کیلومتری شمال‌شرق اصفهان در شمال روستای فشارک و در مجاورت مزرعه حنا واقع شده‌اند. از دیدگاه زمین‌شناسی ایران، این منطقه در نوار ماگماتیسم سنوزوییک ایران مرکزی واقع شده است (شکل‌های ۱- الف و ۱- ب). در این منطقه توده نفوذی گرانودیوریتی با سن الیگو-میوسن سنگ‌های کربناته کرتاسه را تحت‌تأثیر قرار داده و سبب رخداد اسکارن-هورنفلس و مرمر شده است.

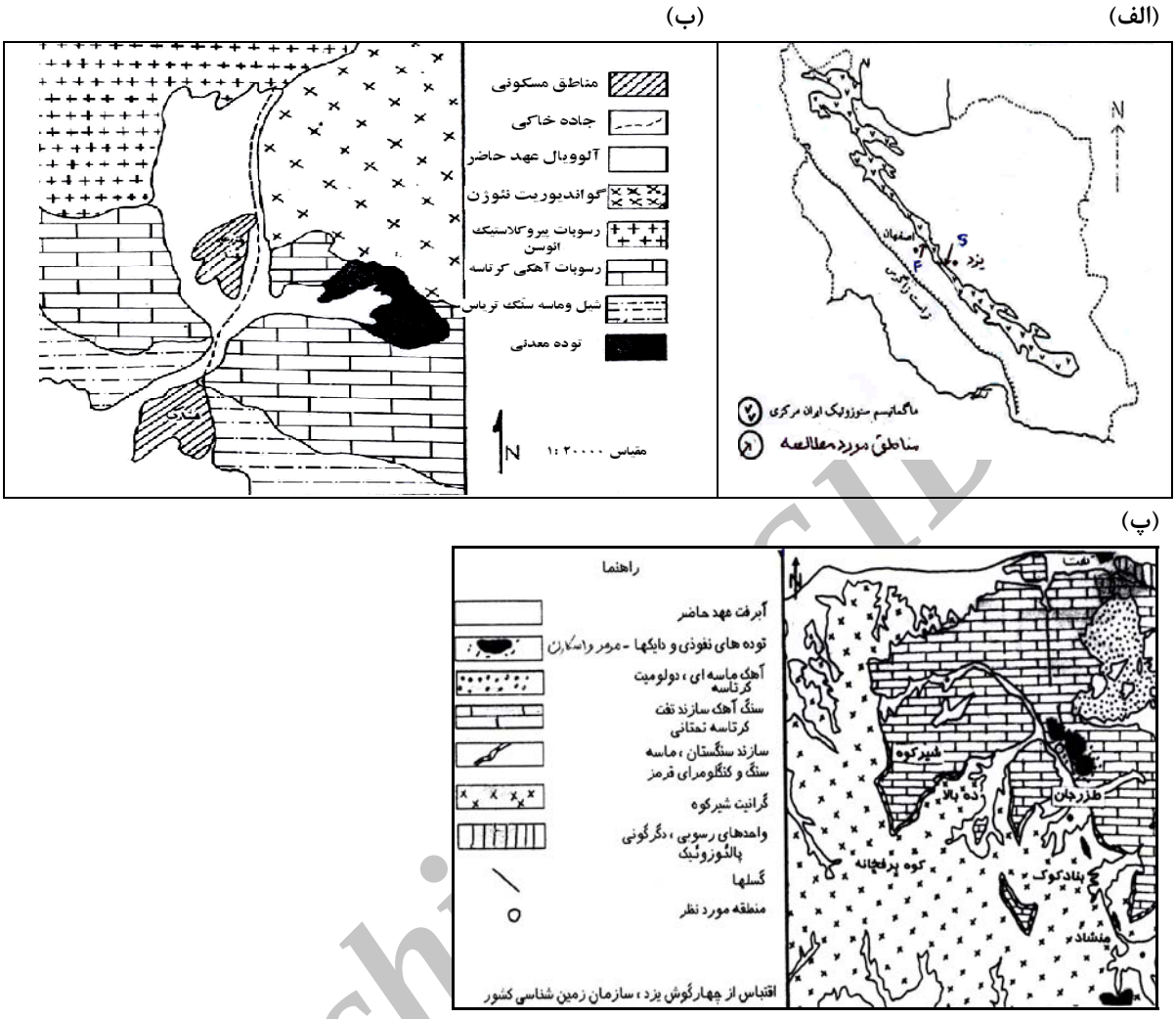
بر حسب مجموعه کانی‌های غالب مشاهده شده، می‌توان اسکارن‌های متنوعی را شناسایی کرد: اسکارن‌های گارنت‌دار، گارنت – پیروکسن‌دار، ولاستونیت-پیروکسن‌دار، مگنتیت-گارنت اپیدوت‌دار و اسپینل-کلینتونیت‌دار. اسکارن‌های اخیر با مجموعه کانی‌های زیر دیده می‌شوند (نوربهشت، ۱۳۷۰):

Spinel + Garnet + Clintonite+ Dolomite ± Phlogopite ± Vesuvianite

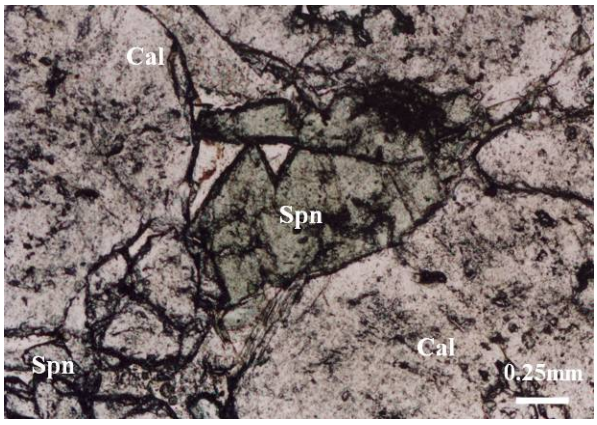
اسپینل در نمونه دستی با رنگ سبز تند متمایل به آبی در متن روشن دیده می‌شود. اسپینل‌ها به‌طور تقریباً یکنواخت در تمام اسکارن پراکنده هستند. در مشاهدات میکروسکوپی، اسپینل‌ها نیمه‌شکل تا بی‌شکل بوده، در PPL به رنگ سبز تند دیده می‌شوند (شکل ۲) و در XPL کاملاً همسانگرد هستند. تجزیه شیمیایی اسپینل‌ها نشان می‌دهد که از نوع آلومینیم و منیزیم‌دار هستند (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- الف) جایگاه اسکارن‌های مورد مطالعه در نوار ماگماتیسم سنوزوییک ایران مرکزی (F= فشارک وS= شیرکوه)، ب) نقشه زمین‌شناسی اسکارن فشارک اصفهان (برگرفته ازنوربهشت، ۱۳۷۰)، پ) نقشه زمین‌شناسی اسکارن شیرکوه یزد (برگرفته از مکی زاده، ۱۳۸۷با تغییرات) (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰)



شکل ۲- بلورهای نیمه‌شکل‌دار اسپینل (Spn) در مجاورت یک بلور درشت کلسیت (Cal) (تصویر PPL)

در رخداد دستی گارنت عموماً توده‌ای با رنگ حنایی تا کرمی است. مشاهدات میکروسکوپی PPL آنها را بی‌رنگ و شفاف نشان می‌دهد و در XPL کاملاً همسانگرد هستند. گارنت‌ها بیشتر حجم مقاطع را فرا گرفته‌اند. در برخی موارد، ارتباط تنگاتنگی با اسپینل نشان می‌دهند (شکل ۳) و به شکل ادخال‌های تحلیل رفته در کلینتونیت یا در همراهی تنگاتنگ با آنها قرار گرفته‌اند (شکل های ۴ و ۵). گارنت‌ها از نوع آلومینیم- کلسیم‌دار هستند (جدول ۲).

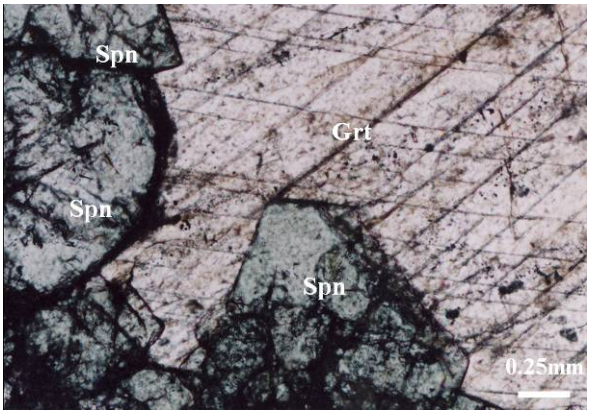
www.SID.ir

جـدول ۱- تجزیـه شـیمیایی و فرمـول سـاختمانی و درصـد اعضای نهایی اسپینل‌ها

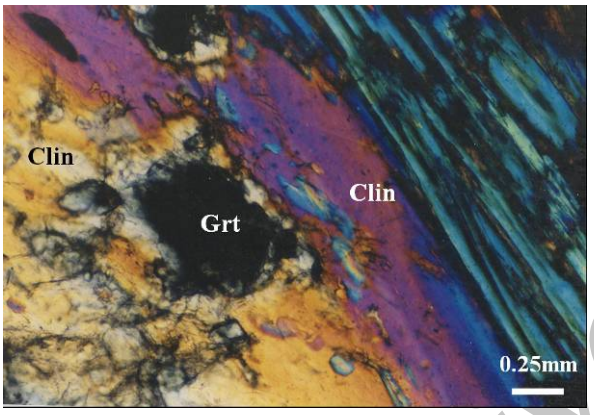
Sample No.	اسپینل (فشارک)		اسپینل (شیرکوه)	
	۱	۲	۳	۴
SiO_2	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸
TiO_2	-	-	۰/۰۹	۰/۰۶
Al_2O_3	۶۷/۹۰	۶۷/۸۲	۶۷/۱۰	۶۷/۲۷
FeO	۶/۳۰	۶/۱۹	۶/۹۰	۶/۸۷
MnO	۰.۹۹.	۱.۱۰	۰.۹۸	۰.۷۶
MgO	۲۳/۸۲	۲۳/۸۱	۲۴/۴۹	۲۴/۴۸
CaO	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۲۹
K_2O	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱
Na_2O	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶
Total	۹۹.۴۴	۹۹.۳۹	۹۹.۱۷	۹۹.۱۹
تعداد کاتیون بر مبنای ۴ اتم اکسیژن				
Ti	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Al	۲/۰۳	۲/۰۳	۱/۹۵	۱/۹۱
Fe	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۴
Mn	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰
Mg	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۹۲	۰/۸۲
درصد اعضای نهایی اسپینل‌ها				
Spinel	۸۷/۵۱	۸۷/۲۱	۸۶/۷۶	۸۵/۲۴
Hercynite	۱۱/۲۴	۱۱/۶۴	۱۳/۱۴	۱۴/۵۵
Galaxite	۱/۲۴	۱/۱۴	۰/۰۹	۰/۲۱

جـدول ۲- تجزیـه شـیمیایی و فرمـول سـاختمانی و درصـد اعضای نهایی گارنت‌ها

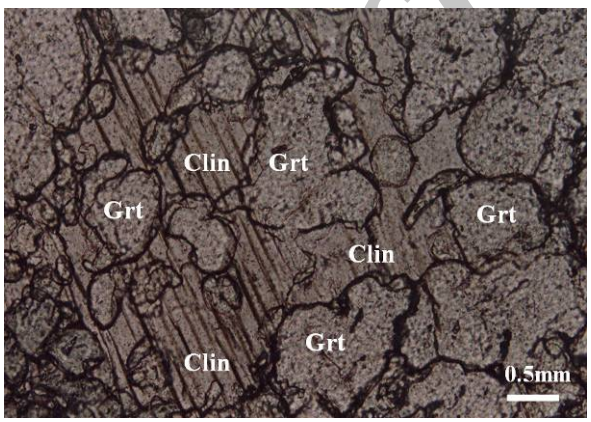
Sample No.	گارنت (فشارک)	
	۱	۲
SiO_2	۳۹/۳۷	۳۹/۵۱
TiO_2	۰/۲۰	۰/۲۱
Al_2O_3	۲۰/۱۹	۲۰/۱۵
FeO	۲/۵۷	۲/۳۷
MnO	۰/۱۱	۰/۰۶
MgO	۰/۲۲	۰/۵۲
CaO	۳۷/۶۳	۳۶/۸۲
K_2O	-	۰/۰۱
Na_2O	-	۰/۰۰
Total	۱۰۰/۳۱	۹۹/۶۶
تعداد کاتیون‌ها بر مبنای ۱۲ اتم اکسیژن		
Si	۵/۹۹	۶/۰۳
Ti	۰/۰۲	۰/۰۲
AL	۳/۶۲	۳/۶۳
Fe	۰/۳۳	۰/۳۰
Mn	۰/۰۲	۰/۰۱
Mg	۰/۰۵	۰/۱۹
Ca	۶/۱۴	۶/۰۲
درصد اعضای نهایی گارنت‌ها		
Andradite	۷/۷۰	۸/۲۸
Pyrope	۲/۵۶	۰/۸۴
Grossular	۹۰/۱۶	۹۰/۳۶
Spessartine	۰/۱۳	۰/۲۴



شـکل ۳- همیـافتی نزدیـک اسـپینل بـا گارنـت (Grt) (تصـویر PPL)



شکل ۴- بلور گارنـت بـا حاشـیه تحلیـل رفتـه درون کلینتونیـت (Clin) (تصویر XPL)



شـکل ۵ - بلورهـای گارنـت بـا حاشـیه‌هـای گـرد شـده (خورده‌شدگی آتولی) درون کلینتونیت (تصویر PPL)

کلینتونیـت در رخـداد صـحرایی بـه‌صـورت ورقه‌هایی با رنگ‌های سـفید متمایـل بـه سـبز تـا آبـی

Archive of SID

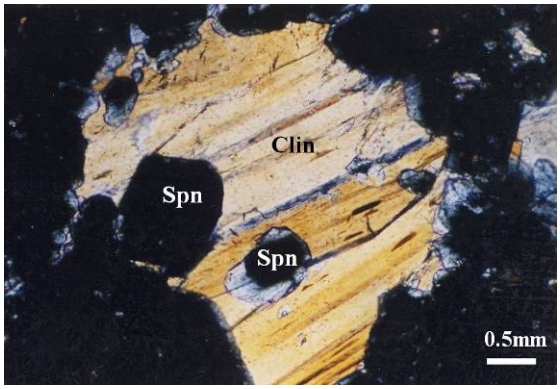
www.SID.ir

کم‌رنگ دیده می‌شود. شکل الماسی یا هگزاگونال آنها با جلای شیشه‌ای تا مرواریدی در برخی نمونه‌های دستی دیده می‌شود. ورقه‌ها دارای رخ میکایی (001) انعطاف‌ناپذیر و شکننده هستند که از ویژگی‌های تشخیص این کانی در صحرا به‌شمار می‌رود. داشتن چند رنگی ضعیف، شکستگی (به‌خصوص در برش‌های موازی سطح قاعده)، برجستگی بالا، رخ‌های میکایی واضح و ضخیم، رنگ‌های تداخلی خاکستری سری اول تا سری دوم از ویژگی‌های این کانی در زیر میکروسکوپ است (شکل ۴). داده‌های تجزیه شیمیایی جدول ۳ نیز مؤید وجود کلینتونیت هستند.

همیافتی کلینتونیت با اسپینل همیشه دیده شده است. اسپینل‌ها به‌صورت پوئی‌کیلوبلاستیک داخل بلورهای کلینتونیت دیده می‌شوند (شکل ۶).

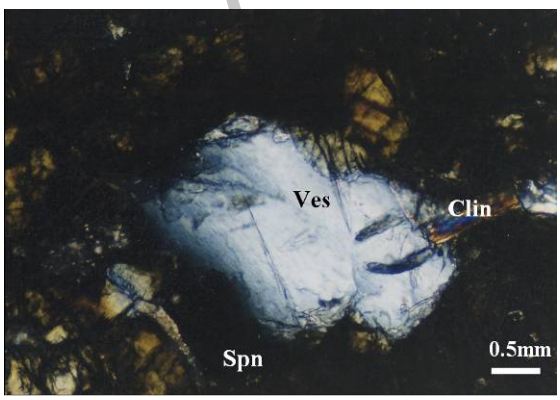
جدول ۳- تجزیه شیمیایی و فرمول ساختمانی کلینتونیت‌ها

	کلینتونیت (فشارک)		کلینتونیت (شیرکوه)	
Sample No.	۱	۲	۳	۴
SiO_2	۱۵/۰۱	۱۵/۴۰	۱۵/۹۸	۱۵/۹۳
TiO_2	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۹
Al_2O_3	۴۶/۰۲	۴۵/۷۸	۴۵/۰۵	۴۵/۰۳
FeO	۱/۱۳	۰/۸۶	۱/۶۴	۱/۸۰
MnO	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰
MgO	۱۸/۱۷	۱۸/۱۹	۱۸.۷۵	۱۸/۹۱
CaO	۱۳/۳۰	۱۳/۰۵	۱۳/۳۲	۱۳/۱۸
K_2O	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱
Na_2O	۰/۰۸	۰/۰۵۱	۰/۰۲	۰/۰۴
Total	۹۳/۹۲	۹۳/۴۲	۹۴/۸۲	۹۴/۹۹
	تعداد کاتیون بر مبنای ۲۲ اتم اکسیژن			
Si	۲/۱۴	۲/۲۲	۲/۲۴	۲/۳۰
Ti	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱
$[Al]^4$	۵/۸۶	۵/۸	۵/۹۲	۵/۸۲
$Al]^6$	۱/۹۱	۱/۸۰	۱/۷۴	۱/۶۵
Fe	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۲	۰/۲۲
Mn	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰
Mg	۳/۸۷	۳/۹۴	۴/۱۲	۴/۱۵
Ca	۲/۰۴	۲/۰۲	۲/۰۳	۲/۰۵
Na	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱



شکل ۶- چند بلور اسپنیل با بافت پویی‌کیلوبلاست و حاشیه‌های تحلیل رفته درون کلینتونیت (تصویر XPL)

بافت حلقوی (atoll texture) ناشی از خورده‌شدگی اسپینل و گردشدگی حواشی اسپینل‌های محاط شده، حکایت از تحلیل رفتن اسپینل دارد. این‌گونه اسپینل‌ها در مرکز همسانگردی و در حواشی دارای بی‌رفرنژانس ضعیف هستند (نوربهشت، ۱۳۷۰). فلوگوپیت به مقدار خیلی کم در همیافتی با کلینتونیت دیده می‌شود. برجستگی کمتر، رخ‌های ظریف و رنگ‌های تداخلی سری سوم آن را از کلینتونیت متمایز می‌کند. بلورهای بزرگ و بی‌شکل وزوویانیت با رنگ‌های تداخلی غیر عادی در آخرین مرحله سایر کانی‌های این مجموعه؛ یعنی گارنت، اسپینل، کلینتونیت را در بر گرفته‌اند. روابط بافتی وزوویانیت‌های درشت با کلینتونیت نشان می‌دهد که کلینتونیت‌ها با مرز ناپایدار در همراهی با وزوویانیت وجود دارند (شکل ۷).



شکل ۷- تحلیل رفتن کلینتونیت (ورقه 001) درون وزوویانت (Ves) (تصویر XPL)

Archive of SID

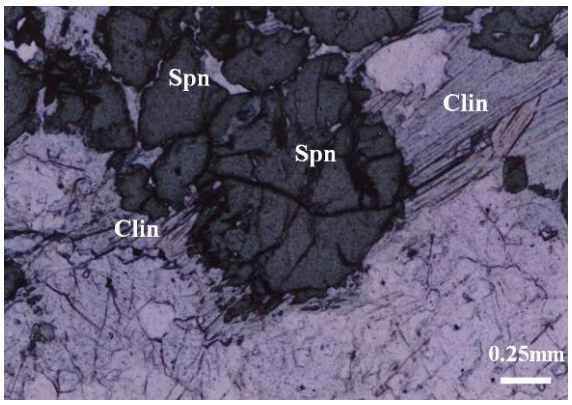
www.SID.ir

گستره اسکارن- مرمر شیرکوه

این سنگ‌ها در فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب‌غرب یزد (جنوب تفت) واقع شده‌اند. این منطقه نیز جزئی از نوار ماگماتیسم سنوزوییک ایران مرکزی محسوب می‌شود و پی‌سنگ باتولیت گرانیتوییدی شیرکوه (ژوراسیک میانی) و کربنات‌های کرتاسه زیرین بر روی آن بنیاد سنگ‌شناسی کوهستان شیرکوه را تشکیل می‌دهند (شکل های ۱- الف و ۱- ج). در امتداد گسل شمالی – جنوبی موسوم به تفت - منشاد که از حاشیه شرقی شیرکوه عبور می‌کند، توده‌های کوچک و دایک‌ها با ترکیب دیوریت تا گرانیت نفوذ کرده و همین توده‌ها مرمر و اسکارن سازی متنوع را در چند نقطه باعث شده‌اند. در منطقه مورد مطالعه (باقی‌آباد) می‌توان به ترتیب از توده نفوذی به سنگ آهک دولومیتی، اسکارن‌های پلاژیوکلاز –کلینوپیروکسن دار، ملیلیت اسپینل دار، کلینوپیروکسن- اسپینل‌دار و مرمرهای پری کلاز- بروسیت‌دار را تشخیص داد. مجموعه کانیایی ویژه در بخشی از ملیلیت اسکارن‌های باقی‌آباد به شرح زیر است (داوودی، ۱۳۷۷):

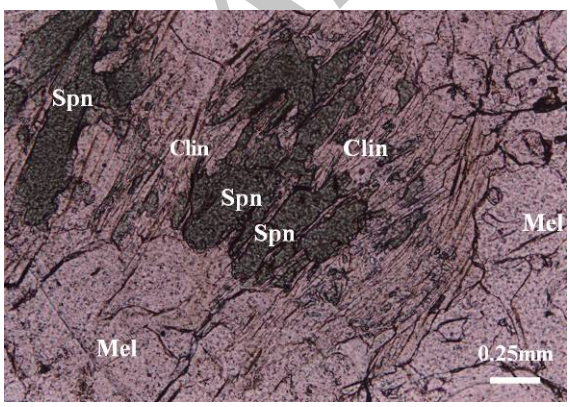
Melilite + Spinel + Clintonite + Dolomite ± Phlogopite

نمودهای صحرایی اسکارن‌های اسپینل‌دار در باقی‌آباد با توده‌های ملیلیت خاکستری رنگ و اسپینل‌های درشت بلور و پراکنده در آن (سیاه رنگ) شاخص است. در مقاطع نازک و در PPL ملیلیت‌ها بی‌رنگ با برجستگی متوسط خود شکل تا نیمه‌شکل‌دار هستند. در حالت آرمانی به‌صورت بلورهای ستونی (tabular) در زمینه کلسیت دیده می‌شوند. در XPL با رنگ‌های تداخلی خاکستری (بیشتر) و کمتر رنگ‌های تداخلی غیرعادی قهوه‌ای تا غیرعادی آبی دیده می‌شوند. اسپینل در این میان به‌صورت ادخال در ملیلیت‌های بزرگ و معمولاً با حاشیه‌ای از کلینتونیت به تنهایی یا به‌ندرت در همراهی با فلوگوپیت دیده می‌شود. رابطه بافتی کلینتونیت با اسپینل در اینجا نیز مانند اسکارن‌های فشارک ناپایدار است. بافت هاله‌ای (corona) از کلینتونیت به دور اسپینل‌های بزرگ، گویای شکل‌گیری کلینتونیت به خرج اسپینل است (شکل ۸).



شکل ۸- اسپینل با هاله‌ای از کلینتونیت (تصویر PPL)

بافت حلقوی، تحلیل‌رفتگی و گردشدگی حواشی اسپینل بازمانده و وجود بلورهای کشیده اسپینل در امتداد کلیواژهای کلینتونیت (شکل ۹) همه گویای شکل‌گیری کلینتونیت به‌خرج اسپینل است. داده‌های تجزیه شیمیایی اسپینل (جدول ۱) وکلینتونیت (جدول ۳) نشان‌دهنده شباهت زیاد این کانی‌ها در دو منطقه فشارک و شیرکوه هستند.



شکل ۹- اسپینل های بازمانده به شکل کشیده در کلینتونیت که همه این مجموعه در یک بلور بزرگ ملیلیت (Mel) جای گرفته‌اند (تصویر PPL)

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

آخرین مراحل تبلور توده نفوذی در فشارک و همچنین باقی‌آباد با ازدیاد سیالات غنی از H_2O و SiO_2 همراه بوده است، چرا که هجوم سیالات فوق به پاراژنزهای حرارت بالا و خشک ابتدایی (اسپینل، گارنت) در محیط سرشار از CaO اسکارن سبب شکل‌گیری کلینتونیت شده است. با استناد به شواهد پتروگرافی و داده‌های شیمی کانی‌ها، می‌توان برای تشکیل کلینتونیت در هر دو منطقه واکنش زیر را پیشنهاد کرد (نوربهشت و همکاران، ۱۳۷۷):

$$2MgAl_2O_4 + CaMg(CO_3)_2 + SiO_2 + H_2O \leftrightarrow CaMg_2Al_4SiO_{10}(OH)_2 + CO_2$$

کلینتونیت ↔ اسپینل

برای اسکارن‌های فشارک می‌توان گروسولر را نیز در واکنش شرکت داد، چرا که شواهد بافتی نیز ناپایداری نسبی گروسولر را در مقابل کلینتونیت نشان می‌دهند. لذا واکنش زیر پیشنهاد می‌شود:

$$2Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 2CaMg(CO_3)_2 + H_2O \leftrightarrow CaMg_2SiAl_4O_{10}(OH)_2 + 7CaO + 5SiO_2 + 4CO_2$$

در اینجا مهم‌ترین محصولات واکنش فروپاشی گارنت؛ یعنی SiO_2 و CaO می‌توانند به شکل یک سامانه بازخور (feedback system) واکنش اساسی شکل‌گیری کلینتونیت به‌خرج اسپینل واکنش اول را به پیش ببرند. واکنش زیر فروپاشی توام اسپینل-گروسولر را در فشارک نشان می‌دهد:

$$7MgAl_2O_4 + Ca_3Al_2SiO_{12} + CaMg(CO_3)_2 + SiO_2 + 4H_2O \leftrightarrow 4CaMg_2SiAl_4O_{10}(OH)_2 + 2CO_2$$

کلینتونیت ↔ گروسولر + اسپینل

در فشارک رابطه بافتی بلورهای کلینتونیت با وزووویانیت‌های پسین که نیز پاراژنزهای پیشین را در برگرفته‌اند، نشان از ناپایداری بخشی این کانی در گامه نهایی تشکیل وزووویانیت دارد. مکی‌زاده (۱۳۸۷) در اسکارن کوه در Dor، واکنش زیر را برای حضور بازمانده‌های کلینتونیت درون وزووویانیت پیشنهاد کرده است:

$$CaMg_2Al_4SiO_{10}(OH)_2 + 9CaO + 8SiO_2 + H_2O \leftrightarrow Ca_{10}Al_4Mg_2Si_9O_{34}(OH)_4$$

در نهایت، می‌توان گفت وجود فازهای کانیایی غنی از آلومینیم، مانند اسپینل و گارنت به‌عنوان منبع آلومینیم یک ضرورت برای شکل‌گیری کلینتونیت ضروری است. از آنجا که سازنده کلسیت در دمای بالایی تشکیل کلینتونیت؛ یعنی ۷۸۰ تا ۹۳۰ درجه سانتی‌گراد در فشارهای ۰/۵ تا ۳ کیلوبار (Rice, 1979) ناپایدار است، در واکنش‌های فوق می‌توان آن را به شکل تفکیک شده؛ یعنی CaO نیز در نظر گرفت. همه واکنش‌های پیشنهادی فوق بر پایه روابط بافتی کانی‌ها تأیید می‌شوند. با این همه، نگارندگان بر این باورند که این واکنش‌ها همه واکنش‌های متاسوماتیکی پیدایش کلینتونیت نیستند و پژوهش‌های آینده اطلاعات با ارزشی در مورد میدان پایداری کلینتونیت در اختیار پژوهشگران قرار خواهد داد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج حاصل از طرح پژوهشی با عنوان مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی و پتانسیل اقتصادی اسکارن‌ها در بخش‌های از ایران مرکزی است که بدین وسیله از اعضای شورای و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه پیام‌نور به‌دلیل تأمین هزینه مالی این طرح پژوهشی تشکر می‌شود و همچنین، از همکاری مدیر کل تحقیقات و کارمندان زحمت‌کش این بخش نیز سپاسگزاری می‌شود. در پایان از جناب آقای دکتر محمود خلیلی، استاد گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان که با سعه صدر نیمی از آنالیزهای نقطه‌ای را در امریکا انجام داده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی ویژه می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

احمدی، ع. (۱۳۶۷) پتروگرافی و پترولوژی توده‌های نفوذی و اسکارن‌های شمال فشارک (شمال شرق اصفهان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.

داوودی، ف. (۱۳۷۷) پژوهش‌های سنگ شناختی اسکارن‌های منطقه شیرکوه استان یزد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه اصفهان.

زندی‌فر، س.، ولی‌زاده، م. و.، برقی، م. ع. و اسماعیلی، د. (۱۳۸۷) بررسی شرایط تشکیل کلینتونیت در هاله دگرگونی توده نفوذی حسن‌آباد (جنوب‌غرب یزد). مجله علوم دانشگاه تهران، ۳۴ (۲): ۹۹-۱۰۸.

شیرانی‌بیدآبادی، پ. (۱۳۷۷) پترولوژی دگرگونی چند مرحله‌ای اسکارن‌های منطقه فشارک اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه تبریز.

مکی‌زاده، م. ع. (۱۳۸۷) مطالعات کانی‌شناسی و پترولوژیکی اسکارن‌های ایران مرکزی (استان یزد). پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.

نوربهشت، ا.، مکی زاده، م. ع. و شرافت، ش. (۱۳۷۷) داده‌های نوین پیرامون نحوه پیدایی کلینتونیت در اسکارن‌های فشارک (اصفهان) و شیرکوه (یزد). خلاصه مقالات دومین همایش زمین‌شناسی ایران.

نوربهشت، ا. (۱۳۷۰) مطالعه کانی‌شناسی اگزانتوفیلیت در هورنفلس‌های شمال شرق اصفهان. مجله علمی پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۴(۱-۲): ۶۳-۷۱.

نوربهشت، ایرج، مکی زاده، م. ع. و شرافت، ش. (۱۳۷۵) مطالعه کانی‌شناسی اسکارن کوه در (Kuhe Dor) با تاکید بر کانی کمیاب کلینتونیت، کوهستان شیرکوه-یزد. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، ۴(۱-۲): ۳۷-۴۶.

وهابی مقدم، ب. (۱۳۷۹) مطالعه پتروگرافی، مینرالوژی و پتروژنز توده‌های نفوذی شمال شرق اصفهان (زفره-فشارک) و هاله دگرگونی آنها. پایان‌نامه دکتری پترولوژی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1991) An Introduction to the Rock Forming Minerals. Seventeenth edition, Longman.

Guggenheim, S. (1984) The brittle micas. In: S. W. Baley, (Ed.): Micas. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America 13: 61-104.

Hibbard, M. J., (2002) Mineralogy, A geologist Point of View. McGraw Hill.

Olesch, M., (1975) Synthesis and solid solubility of trioctahedral brittle micas in the system CaO- MgO- Al_2O_3- SiO_2- H_2O. American Mineralogist 60: 188-199.

Olesch, M. and Seifert, F. (1976) Stability and phase relation of trioctahedral calcium brittle micas, clintonite groupe. Journal of Petrology 17: 291-314.

Rice, J. M. (1979) Petrology of clintonite-bearing marbles in the Boulder aureole, Montana. American Mineralogist 64: 519-524.

Wenk, H. R. and Bulkan, A. (2004) Minerals, their Constitution and Origin. Cambridge University press.

Archive of SID

www.SID.ir

Textural assemblage relationships between Clintonite-spinel-garnet in the Central Iranian skarns as evidence of clintonite genesis

Javad Ghanei Ardakanei *[1] and Mohammad Ali Mackizadeh[2]

[1] Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran
[2] Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Archive of SID

Abstract

The Fesharak and Shirkuh skarns in the Cenozoic magmatic belt of Central Iran formed when the granitoid intruded into the Lower Cretaceous dolomitic-carbonates. The main mineralogical assemblage concerned is Clintonite-spinel-garnet in Fesharak and clintonite-spinel in Shirkuh. Clintonite is either adjacent to garnet and spinel, or it contains the inclusion of these minerals displaying a stable relationship with them. Resorbed boundaries as well as development of corrosion textures in these two minerals are textural evidences suggesting spinel and garnet act as the source of Al in the genesis of clintonites according to the following reaction: 7 Spinel + Grossular+ $CaMg(CO_3)_2$+SiO_2+4H_2O= 4 Clintonite +2CO_2.

Key words: Spinel, Skarn, Cental Iran, Shirkuh, Fesharak, Clintonite

* ghaneijavad@yahoo.com

www.SID.ir