فصلنامه زمین، سال نهم، شماره ۳۴، زمستان ۱۳۹۳

مطالعه ریز ساخت‌ها در توده گرانیتوئیدی بوئین – میاندشت (زون سنندج – سیرجان)

سهیلا ساکی[۱] و دکتر محمود صادقیان[۲]

چکیده

توده گرانیتوئیدی بوئین – میاندشت با ترکیب عمده آلکالی فلدسپار گرانیتی، درون متاپلیت‌های درجه پایین تا متوسط زون ساختاری سنندج – سیرجان به سن تریاس و ژوراسیک جایگیری کرده است. مطالعه دقیق مقاطع نازک از ۶۵ ایستگاه مطالعاتی، نشان داد که ریزساخت‌های ماگمایی در بیشتر قسمت‌های این توده نفوذی مشاهده می‌شوند. ریزساخت‌های ساب ماگمایی در قسمت‌های شمالی، شمال‌غرب و به مقدار کمتر در قسمت جنوبی توده حضور دارند، ریزساخت‌های ساب سالیدوس حالت جامد دمای بالا نسبت به سایر ریزساخت‌های این توده از فراوانی کمتری برخوردارند، ریزساخت‌های حالت جامد دمای پایین در حواشی توده و قسمت‌های شمال و شمال‌غرب توده دیده می‌شوند. میلونیت‌ها نیز در مناطق مرکزی و به سمت شمال و شمال‌غرب منطقه حضور دارند. تمرکز شدت دگرشکلی در قسمت‌های مرکزی به سمت شمال و شمال‌غرب منطقه را می‌توان به وجود پهنه‌های برشی و عملکرد گسل‌ها در این مناطق نسبت داد که با فراوانی ریزساخت‌های ساب سالیدوس حالت جامد دما پایین و میلونیتی مطابقت دارد. بطور کلی ریزساخت‌های ماگمایی و حالت جامد دمای بالا همزمان با جایگیری توده، و ریزساخت‌های حالت جامد دمای پایین پس از جایگیری توده تشکیل شده و تحت تأثیر تنش‌های تکتونیکی بعدی قرار گرفته‌اند.

کلیدواژه‌ها: ریزساخت‌ها، میلونیت، دگرشکلی، گرانیتوئید بوئین– میاندشت، سنندج– سیرجان

۱- کارشناس ارشدپترولوژی، دانشگاه شاهرود، گروه زمین شناسی s.saki1390@yahoo.com

۲- استادیار پترولوژی، دانشگاه شاهرود، عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی m.sadeghian1392@yahoo.com

Study of microstructures in Bouin-Miandasht granitoidic pluton (Sanandaj- Sirjan Zone)

Soheila Saki and Dr. Mahmoud Sadeghian

Abstract

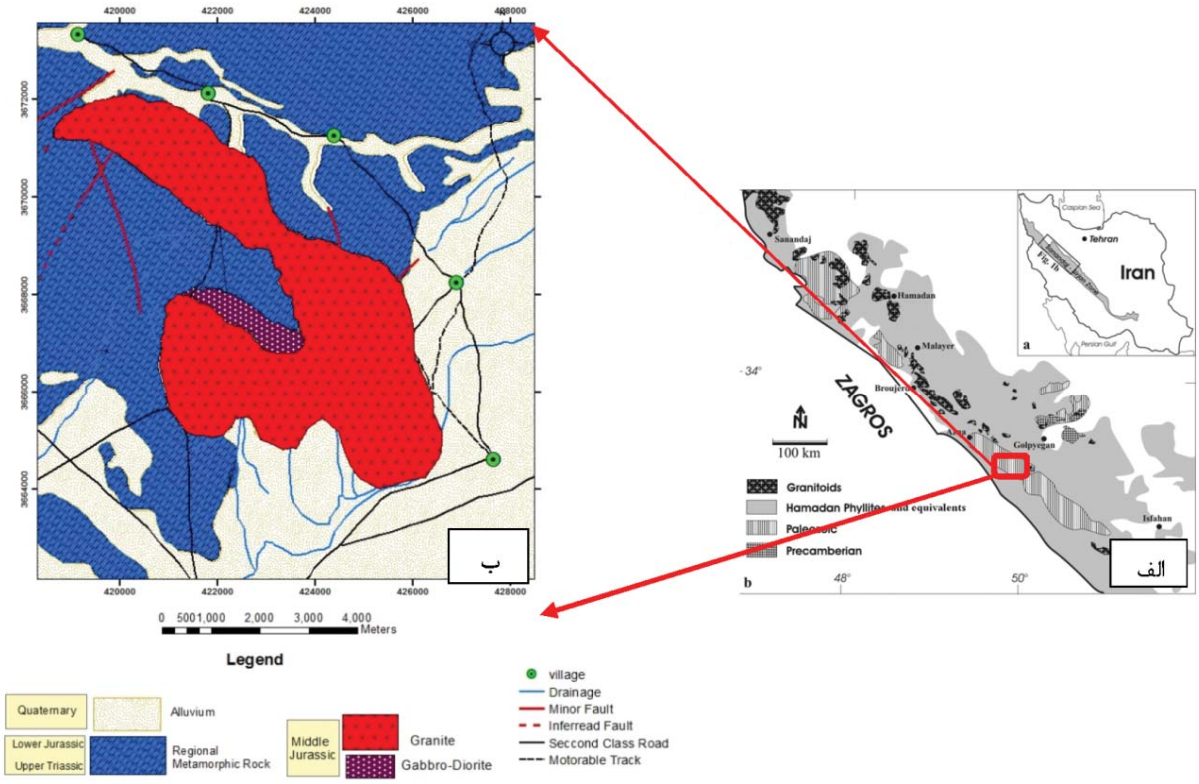
Bouin - Miandasht granitoidic pluton with mostly composition alkali feldspar granite emplaced into low to medium grade of Triassic to early Jurassic metapelites rocks of Sanandaj-Sirjan structural Zone. detailed study of thin sections from 65 stations in this pluton show that magmatic microstructures are observed in most parts of the pluton, sub- magmatic microstructures have been see in the N, NW and low extent are present in the southern part, the high-temperature solid-state sub solidus microstructures have less frequency than other microstructures in this pluton. low-temperature solid-state microstructures can been seen in the margins of this pluton and in N- NE pluton. Mylonites are present in the north and north- west region. Intensive of deformation in N-NW of region can be attributed to shear zones and faulting in these parts That correspond with The frequency of the low-temperature solid-state microstructures Sub solidus and Mylonites. High-temperature solid state and magmatic microstructures Simultaneously with emplacement pluton, and the low-temperature solid-state microstructures formed after emplacement pluton in the studied areas which affected by later compression tectonic regimes.

Keywords: Microstructures, Mylonites, Deformation, Granitoid Bouin - Miandasht, Sanandaj-Sirjan

مقدمه

توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت با مشخصات جغرافیایی ′۰۵ °۵۰ تا ′۱۵ °۵۰ شرقی و عرض‌های جغرافیایی °۳۳ تا ′ ۱۰ °۳۳ شمالی، در شمال جاده اصفهان – الیگودرز واقع شده است. این توده با وسعت تقریبی ۴۰ کیلومتر مربع، در حد فاصل بین روستاهای قره بلطاق و ازناوله قرار گرفته و بخش‌هایی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ گلپایگان را شامل می‌شود. توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت دارای طیف ترکیبی بایمدال شامل گابرو_ دیوریت (طیف مافیک_ حدواسط) و آلکالی فلدسپار گرانیت، گرانیت و لوکوگرانیت (طیف فلسیک) می‌باشد. گرانیت‌ها شامل گرانیت‌های ریز دانه و درشت دانه هستند. در این بین آلکالی فلدسپار گرانیت‌ها حجم بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند. این توده نفوذی در درون سنگ‌های متاپلیتی درجه پایین تا متوسط زون ساختاری سنندج– سیرجان، به سن تریاس و ژوراسیک جایگیری کرده است. محققین قبلی نظیر قاسمی (۱۳۷۱) بر اساس روابط صحرایی نفوذ این توده آذرین به درون سنگ‌های دگرگونی منطقه و ایجاد دگرگونی مجاورتی در آنها را به فاز کوهزایی لارامید نسبت داده و سن آنرا حدود ۷۰ میلیون سال گزارش کرده‌اند. اما مطالعات جدید از جمله Ahmadi Khalaji و همکاران (۲۰۰۷) و

Ahadnejad و همکاران (۲۰۱۱)، با استفاده از روش‌های سن سنجی ایزوتوپی، سن توده‌های مشابه را در زون سنندج- سیرجان حدود ۱۷۰ میلیون سال به دست آورده و تشکیل آن‌ها را به فاز کوهزایی سیمرین میانی نسبت داده‌اند. از این رو به نظر می‌رسد سن توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت نیز در همین طیف سنی قرار گیرد. مطالعه عناصر اصلی و کمیاب و رسم دیاگرام‌های پترولوژیکی آنها نشان می‌دهد که ماگمای سازنده این توده نفوذی از دو نوع مجزا بوده، شامل یک ماگمای بازیک ناشی از ذوب لیتوسفر اقیانوسی زیر رانده شده اقیانوسی آلپی نئوتتیس و یا گوه گوشته‌ای روی آن و یک ماگمای اسیدی ناشی از ذوب لیتوسفر قاره‌ای می‌باشد (قاسمی، ۱۳۷۱).



شکل ۱-

الف- موقعیت قرارگیری منطقه مورد مطالعه در زون سنندج– سیرجان،

ب- نقشه زمین شناسی عمومی توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت.

به منظور مطالعه و بازسازی شرایط جایگزینی توده‌های نفوذی در زمان تشکیل و اثرات آن بر روی سنگ‌های میزبان این توده گرانیتوئیدی و همچنین تعبیر و تفسیر تنش‌های تکتونیکی حاکم بر منطقه در زمان تشکیل و جایگزینی این توده گرانیتوئیدی، استفاده از ریزساخت‌های میکروسکوپی و

دگرشکلی‌های حادث شده بر روی کانی‌های موجود در سنگ‌ها و سیمای کلی سنگ، امری اجتناب ناپذیر است، زیرا تغییرات ایجاد شده بر روی کانی‌ها و تشکیل انواع خاصی از هر کدام از ریزساخت‌های میکروسکوپی، مشخص کننده مرحله خاصی از روند جایگیری توده می‌باشد. توده‌های نفوذی گرانیتی شاخص‌های کینماتیک مفیدی از دگرشکلی ناحیه‌ای هستند، زیرا آنها در طی جایگزینی و بعد از آن به طور متفاوت دگرشکل می‌شوند (Bouchez et al., 1992). همچنین با مطالعه دقیق ریزساخت‌ها می‌توان شرایط دما و نحوه دگرشکلی سنگ‌ها را نیز تعیین نمود. در منطقه مورد مطالعه از ۶۵ ایستگاه مطالعاتی ۲۲۵ نمونه برداشت شد. هدف آن است که با استفاده از مطالعات پتروفابریک و بررسی تغییرات کانی شناسی و بافتی و همچنین معیارهایی مانند تغییر در اندازه دانه‌ها، شکل و رفتار کانی‌ها در مقیاس میکروسکوپی، بتوان دگرشکلی و ریزساخت‌های موجود را در ارتباط با نحوه تشکیل و جایگیری توده گرانیتوئیدی مورد نظر، بررسی نمود.

روش‌مطالعه

به منظور مطالعه ویژگی‌های میکروسکوپی در توده گرانیتوئیدی بوئین _ میاندشت، تعداد ۱۱۵ عدد مقطع نازک از نمونه‌های سنگی این توده تهیه گردید و ویژگی‌های بافتی، ساختی و ریزساختی آنها به دقت مورد مطالعه قرار گرفت که در ادامه به شرح آنها خواهیم پرداخت.

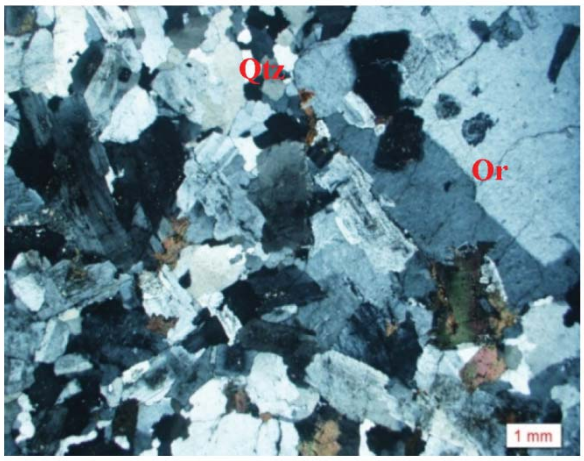
بحث

بر اساس بررسی مقاطع نازک تهیه شده از نمونه‌های برداشت شده از توده گرانیتوئیدی بوئین_ میاندشت، می‌توان ریزساخت‌ها را در ۳ گروه تقسیم‌بندی کرد:

۱- ریزساخت‌های ماگمایی

ریزساخت‌های ماگمایی زمانی تشکیل می‌شود که درصد حجمی مواد تبلور یافته از ماگما از ۶۰ درصد فراتر نرود و مقدار کافی مواد مذاب وجود داشته باشد تا بلورها بتوانند کم و بیش به طور مستقل و بدون تحت تأثیر قرار دادن یکدیگر حرکت نمایند و جابجا شوند (Bouchez et al., 1992). فابریک‌های ماگمایی در بالای سولیدوس ماگما تشکیل می‌گردند و بعد از تبلور کامل، معمولاً هیچ گونه واتنش حالت جامدی را متحمل نمی‌شوند (Paterson et al., 1989). ریزساخت‌های ماگمایی در دمای بالای ۶۵۰ درجه سولیدوس تشکیل می‌شوند (Maninig, 1981). در ریزساخت‌های نوع ماگمایی بلورهای فلدسپار مطلقاً بدون دگرشکلی هستند ولی دانه‌های کوارتز ممکن است خاموشی موجی محلی ضعیفی را نشان دهند (Leblanc et al., 1994, Gleizes et al., 1998 Neves et al,. 2003) در حالت ماگمایی کانی‌ها فاقد دگرشکلی می‌باشند و تنها ممکن است خاموشی

موجی بسیار ضعیفی در بعضی دانه‌های کوارتز مشاهده شود. ریزساخت‌های ماگمایی در سطح وسیعی از توده گرانیتوئیدی بوئین- میاندشت دیده می‌شوند. (شکل ۲).



شکل ۲- تصویر میکروسکوپی نشان‌دهنده ریزساخت ماگمایی در توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت.

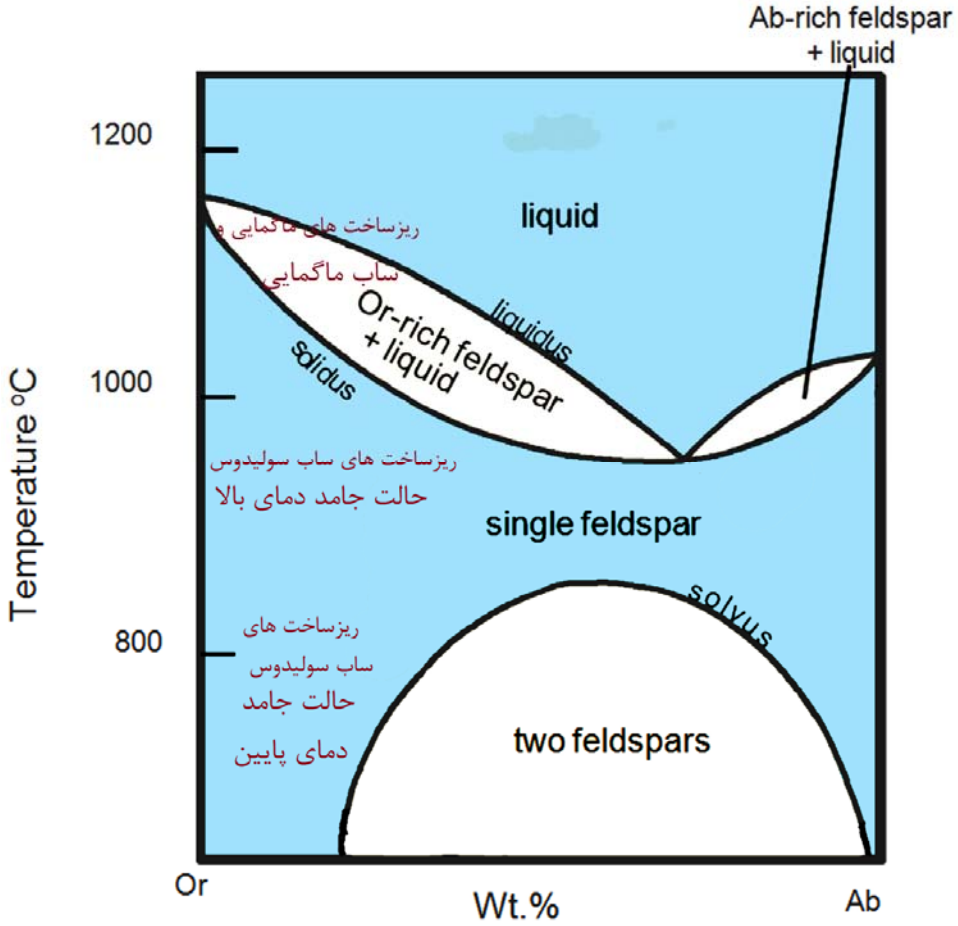
ریزساخت‌های ساب ماگمایی

همزمان با کاهش دما، تبلور کانی‌ها افزایش می‌یابد زمانی که مقدار تبلور از ۶۰ درصد فراتر رود یا به عبارت دیگر وقتی مقدار مذاب از حد بحرانی به وجود آمدن جریان ماگمایی کمتر شود، ریزساخت ساب ماگمایی به وجود می‌آید. (Paterson et al., 1989).

ریزساخت ساب‌ماگمایی یک حالت انتقالی است. هنگامی که بلورها با یکدیگر درگیر می‌شوند، ویسکوزیتهٔ ماگما افزایش یافته و به چندین برابر می‌رسد. در این حالت، ماگما در مقابل تنش‌های تحمیل شده بر آن، شبیه به یک جسم جامد عمل می‌کند و برخی از بلورها شکسته می‌شوند و مذاب باقیمانده می‌تواند به درون شکستگی‌های آن‌ها راه پیدا کند و متبلور گردد (Bouchez et al., 1992).

ریزساخت‌های ساب ماگمایی در دامنه دمایی بین لکیدوس و سولیدوس ماگما تشکیل می‌شوند (شکل ۳). در این دامنه دمایی و در صورتی که حجم بلورهای تبلور یافته زیاد باشد. بلورها علاوه بر اینکه در حضور ماده مذاب هستند رفتار شکننده از خود نشان می‌دهند. شکستگی‌های میکروسکوپی پر شده ازکوارتز یا فلدسپار، که اساساً در بلورهای پلاژیوکلاز یافت می‌شود از جمله فابریک‌های ساب ماگمایی محسوب می‌شوند (Bouchez et al., 1992).

ریزساخت ساب ماگمایی شبیه ریزساخت ماگمایی است ولی در آن رگه و رگچه‌هایی از کوارتز و فلدسپار پتاسیم که عرض سایر بلورها را قطع کرده‌اند، دیده می‌شوند.

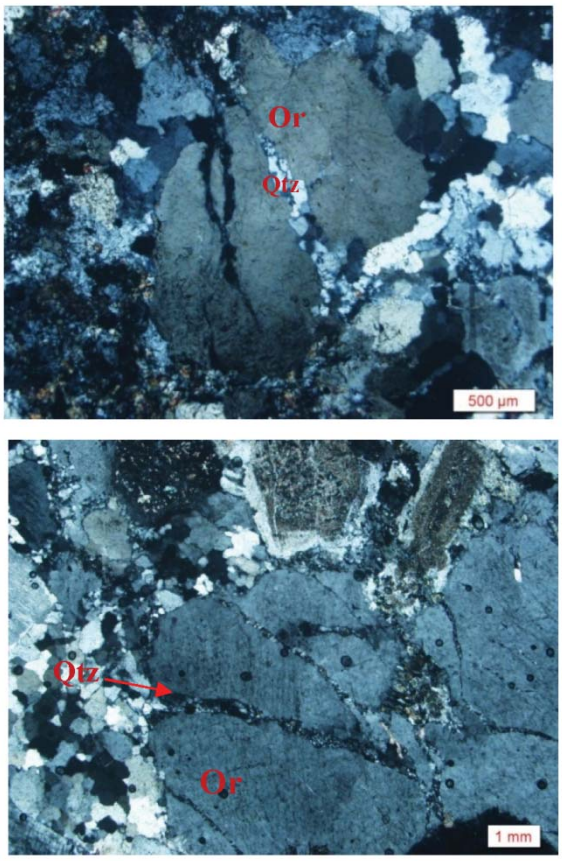


شکل ۳- نمایش نمادین موقعیت قرارگیری ریزساخت‌ها نسبت به منحنی‌های سولیدوس و لیکیدوس بر روی نمودار دما در مقابل درصد وزنی ارتوز (Or) و آلبیت (Ab)، اصل شکل از Winter (2001)، اقتباس شده است و محدوده‌های تشکیل این این ریزساخت‌ها متناسب با دامنه دمایی تشکیل آنها در سنگ‌های گرانیتوئیدی در این دما نشان داده شده‌اند.

در ریزساخت ساب ماگمایی بلورهای فلدسپار دچار شکستگی می‌شوند. علت این امر وجود صفحات کلیواژ و ماکل در دانه‌های فلدسپار است (Vernon & Flood, 1987).

در توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت ریزساخت ساب ماگمایی با حضور رگه‌های باریک کوارتزی قطع کننده بلورهای ارتوز و پلاژیوکلاز مشخص می‌شود که در بعضی از موارد به حوضچه‌های کوارتزی منتهی می‌شوند (شکل۴).

لازم به ذکر است که ممکن است ریزساخت‌های ساب سالیدوس بر ریزساخت‌های ماگمایی و ساب ماگمایی تحمیل شوند و آنها را مستور یا مخدوش کنند بنابراین در مطالعه ریزساخت‌ها باید دقت زیادی به خرج داد.



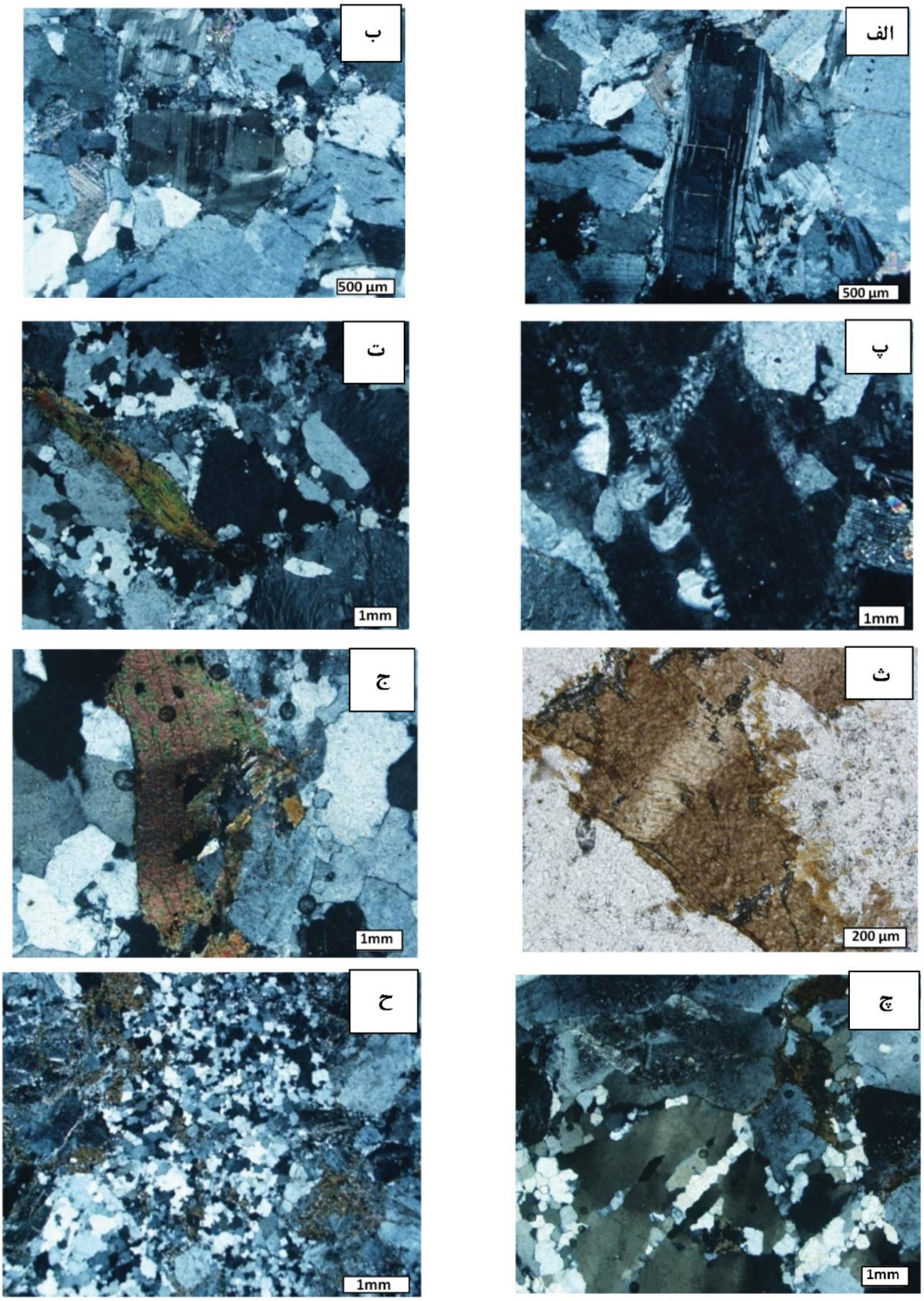
شکل ۴- ریز ساخت ساب ماگمایی موجود در توده گرانیتوئیدی بوئین – میاندشت که در آن بلورهای کوارتز شکستگی‌های موجود در ارتوز را پر کرده‌اند.

ریزساخت‌های ساب سولیدوس

ریزساخت‌های ساب سولیدوس در دمای پایین‌تر از سولیدوس ماگمای گرانیتی تشکیل می‌شوند (شکل ۳) این فابریک‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

حالت جامد دمای بالا

پلاژیوکلاز خمیده، بیوتیت خمیده و پیچ و تاب خورده (کینک باند)، معرف دگرشکلی تحت شرایط ساب سولیدوس و در دمای بالا می‌باشد (Gleizes et al., 1998؛ Vernon, 2004). ایجاد بافت میرمکیتی در حاشیه بلور پلاژیوکلاز که یکی از شواهد تحمیل تنش بر پلاژیوکلاز در حالت جامد دمای بالاست یکی از ریزساخت‌های ساب سولیدوس است (Vernon, 2004). گسترش حالت موزائیکی، ساب گرین شدن (دانه ریز شدن) و الگوی صفحه شطرنجی از شواهد تغییر شکل پلاستیک دمای بالای دانه‌های کوارتز است (Gleizes et al., 1998؛ Vernon, 2004). ایجاد ماکل مکانیکی در بیوتیت، کینک‌باند و ایجاد خاموشی موجی در بیوتیت و کوارتز نشان‌دهنده ریزساخت ساب سولیدوس حالت جامد دمای بالا است (Neves et al,. 2003). در توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت شواهد دگرشکلی حالت جامد دمای بالا مشاهده می‌شود و شواهد آن عبارتند از: ۱- خمیدگی و ایجاد ماکل مکانیکی در پلاژیوکلاز (شکل ۵- الف و ب)، ۲- تشکیل میرمکیت در حاشیه پلاژیوکلاز (شکل ۵- پ)، ۳- خمیدگی بیوتیت و ایجاد کینک باند در آن (شکل ۵- ت، ث و ج)، ۴- ساب گرین شدن شدید کوارتز و گسترش حالت موزائیکی (شکل ۵- ح)، ۵- ایجاد حالت صفحه شطرنجی در کوارتز (شکل ۵- چ). در قسمت‌های جنوب شرق و حاشیه شمالی توده گرانیتوئیدی بوئین_ میاندشت این ریزساخت‌ها مشاهده می‌شوند.



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده شواهد دگرشکلی حالت جامد دمای بالا. الف- خمیدگی ماکل پلاژیوکلاز، ب- ایجاد ماکل مکانیکی در پلاژیوکلاز، پ- تشکیل میرمکیت در حاشیه پلاژیوکلاز، ت- خمیدگی بیوتیت، ث و ج - کینک باند در بیوتیت، چ- الگوی صفحه شطرنجی در کوارتز و ح – ساب گرین شدن شدید کوارتز.

حالت جامد دمای پایین

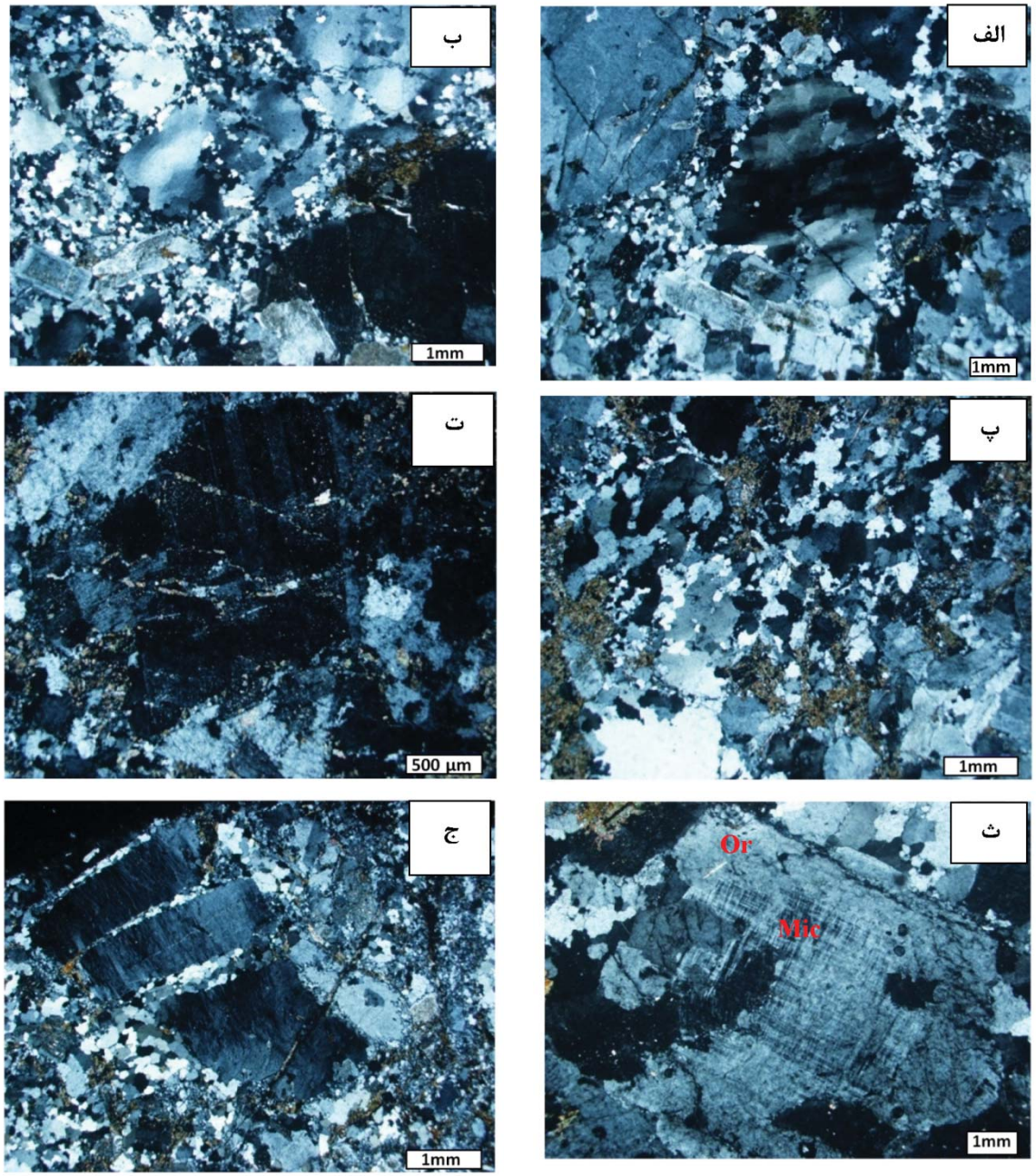
از شواهد بارز این ریزساخت، خردشدگی و دانه ریزشدن می‌باشد. این بافت با افزایش کرنش یا استرین به بافت پورفیروکلاستی تبدیل می‌شود و بلورها تبلور مجدد دینامیکی (خردشدگی بدون خمیدگی) نشان می‌دهند. تبلور مجدد کوارتز در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد یا بالاتر اتفاق می‌افتد (Clow et al,. 1992). ریزساخت‌های ساب سولیدوس حالت جامد دمای پایین با خاموشی موجی شدید در کوارتز مشخص می‌شود (Passchier and Trouw, 1999).

دگرشکلی در دمای پایین (۳۰۰–۴۰۰ درجه سانتیگراد) باعث شکسته شدن فلدسپارها می‌شود و به دنبال آن تجمعات طویلی از کاتاکلاستیک‌های این کانی در سنگ به وجود می‌آید (رضایی کهخایی، ۱۳۸۵). وجود ماکل میکروکلین در بسیاری از بلورهای ارتوکلاز می‌تواند نشانه دگرشکلی آن‌ها در حالت جامد باشد (Bouchez et al., 1992).

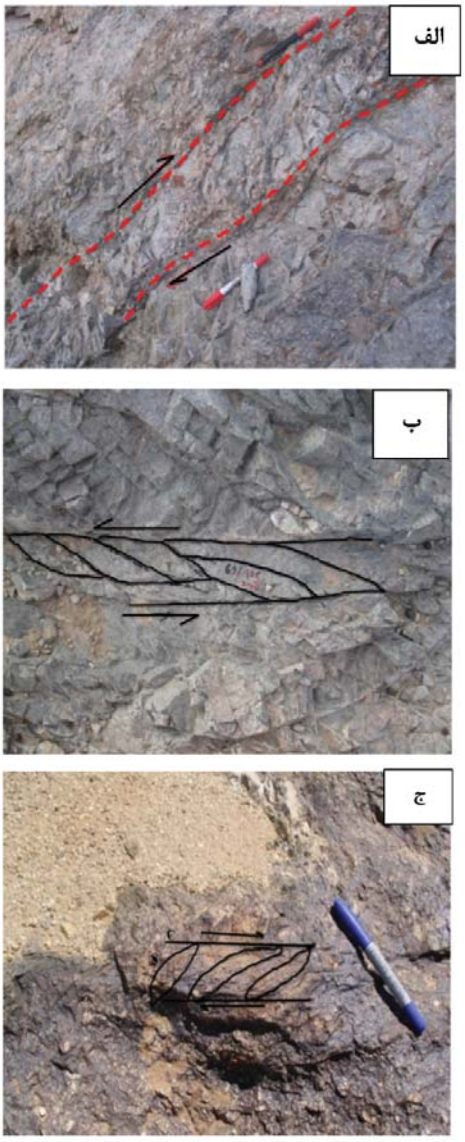
تبدیل ارتوز به میکروکلین در اثر تنش‌های تحمیل شده بر آن و تغییر ساختار کانی از منوکلینیک به تری کلینیک یکی از شواهد دگرشکلی حالت جامد دمای پایین است (Vernon, 2004).

تبدیل پتاسیم فلدسپار به میکروکلین تقریباً در دمای ۴۷۵ درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد (Dickson, 1996). در توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت شواهد دگر شکلی حالت جامد دمای پایین نیز مشاهده می‌شود که مواردی از آنها در شکل ۶ نشان داده شده است. این شواهد شامل خاموشی موجی، جابجایی ماکل در پلاژیوکلاز، تبدیل ارتوز به میکروکلین، خردشدگی بلورها از جمله پتاسیم فلدسپار و جابجایی قطعات آن است.

تصویری از تأثیر زون برشی بر روی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در صحرا، در شکل ۷ آورده شده است. با افزایش استرین، این ساخت‌های میکروسکوپی به میلونیت‌های دمای پایین تحول پیدا می‌کنند به‌طوری که تعیین ماهیت اولیه گرانیت‌ها مشکل می‌شود و سنگ به یک زمینه ریزدانه متشکل از کوارتز، سریسیت، کلریت، کلسیت و اپیدوت تبدیل می‌گردد، در این سنگ‌ها بقایایی از دانه‌های کوارتز و فلدسپار به صورت پورفیروکلاست محفوظ باقیمانده، مشاهده می‌شود.



شکل ۶- شواهد دگرشکلی دمای پایین در توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت. الف، ب و پ– خاموشی موجی شدید همراه با خردشدگی و ساب گرین شدن؛ ت– جابجایی ماکل در پلاژیوکلاز؛ ث- تبدیل ارتوز به میکروکلین، ج- خردشدگی ارتوز و جابجایی قطعات آن که اصطلاحاً به آن ساخت دومینو می‌گویند.



شکل ۷- تصاویری از تغییر شکل در قسمت‌های شمال و شمال غرب توده گرانیتوئیدی بوئین- میاندشت در ارتباط با گسل و زون‌های برشی در این نواحی. به ساختار C و S تشکیل شده در مقیاس کوچک به علت عملکرد زون برشی راستگرد در شکل ج توجه شود.

تشخیص و تفکیک بین دگرشکلی همزمان با جایگزینی و بعد از آن، مستلزم بررسی دقیق ساخت‌های میکروسکوپی گرانیت‌ها می‌باشد.

دگرشکلی همزمان با جایگزینی می‌تواند ماگمایی تا ساب ماگمایی باشد، یعنی ساخت‌های میکروسکوپی آنها در حضور فاز مذاب باقی‌مانده تشکیل گردیده‌اند (Paterson Bouchez et al., 1989 et al., 1992)، درصورتی که بعد از تبلور کامل ماگما، در شرایط ساب سولیدوس و حتی در دماهای پایین‌تر، دانه‌های سازنده سنگ دگرشکلی بیشتری را متحمل شوند، ساخت‌های میکروسکوپی معرف دگرشکلی بعد از جایگزینی تشکیل می‌گردند.

شواهد میلونیت‌زایی در مقیاس میکروسکوپی

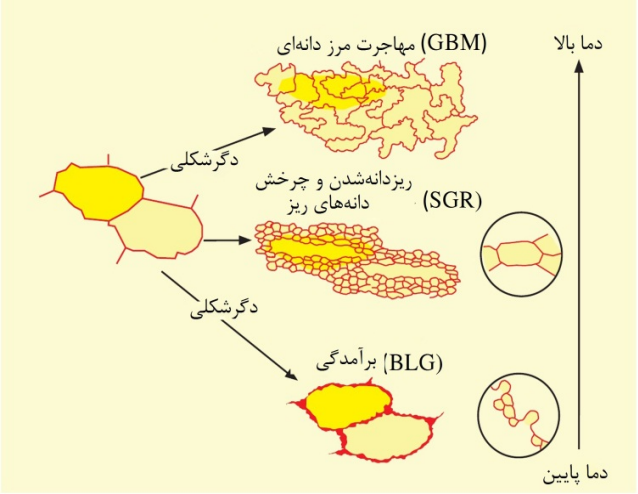
میلونیت‌ها

بر طبق نظر Trouw و همکاران (۲۰۱۰) میلونیت‌ها را به طور مختصر در سه گروه درجه پایین، متوسط و درجه بالا جای می‌گیرند.

میلونیت‌های درجه پایین

طیف دمایی میلونیت‌های درجه پایین، تقریباً بین ۲۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. در میلونیت‌های درجه پایین پورفیروکلاست‌های فلدسپار زیادی هنوز در اثر فرآیند کاتاکلاسیس، خردشدگی از خود نشان می‌دهند. کوارتز معمولاً توسط فرآیند کریستال-پلاستیک دگرشکل شده است (تغییر شکل بلورهای کوارتز و خاموشی موجی بلورهای کوارتز، بیانگر این موضوع است). در اثر افزایش دما تبلور مجدد همراه با انحناءدار شدن یا برآمدگی مرز دانه‌ها شروع می‌شود و خود را به صورت برآمدگی سطوح تماس (مرزها) و سرانجام تبلور مجدد همراه با چرخش

دانه‌های ریز ایجاد شده، جلوه‌گر می‌سازد. بیوتیت‌ها معمولاً در اثر کاهش اندازه دانه، به دانه‌های بسیار ریز موجود در زمینه تحول پیدا می‌کنند. اگر بعد از تبلور مجدد همراه با دانه ریز شدن و چرخش، دما به اندازه کافی بالا باشد، تعدیل مرز دانه‌ها تحت شرایط ایستا (یا استاتیک) تمایل به تشکیل فابریک گرانوبلاستی چندوجهی، شاخص شرایط دگرگونی درجه متوسط دارد. شاخصه نوری اصلی دگرشکلی کریستال-پلاستیک، خاموشی ملایم و یکنواخت و خاموشی موجی غیر لکه‌ای می‌باشد. دانه‌های طویل همراه با این گونه خاموشی موجی، بعضی اوقات با تیغه‌های دگرشکل شده (دگرشکلی تیغه‌ای) معرّف دگرشکلی دما پایین می‌باشند. در دماهای اندکی بالاتر، فرایند بازیافت، دانه‌های کوچکتر تولید می‌کند و فرایند تبلور مجدد نیز تمایل دارد تا دانه‌های دگرشکل شده قدیمی را توسط دانه‌های جدید کوچک‌تر جایگزین کند. سه نوع تبلور مجدد را می‌توان شناسایی و تفکیک نمود که به شرح زیر می‌باشند (به شکل ۸ نگاه کنید):

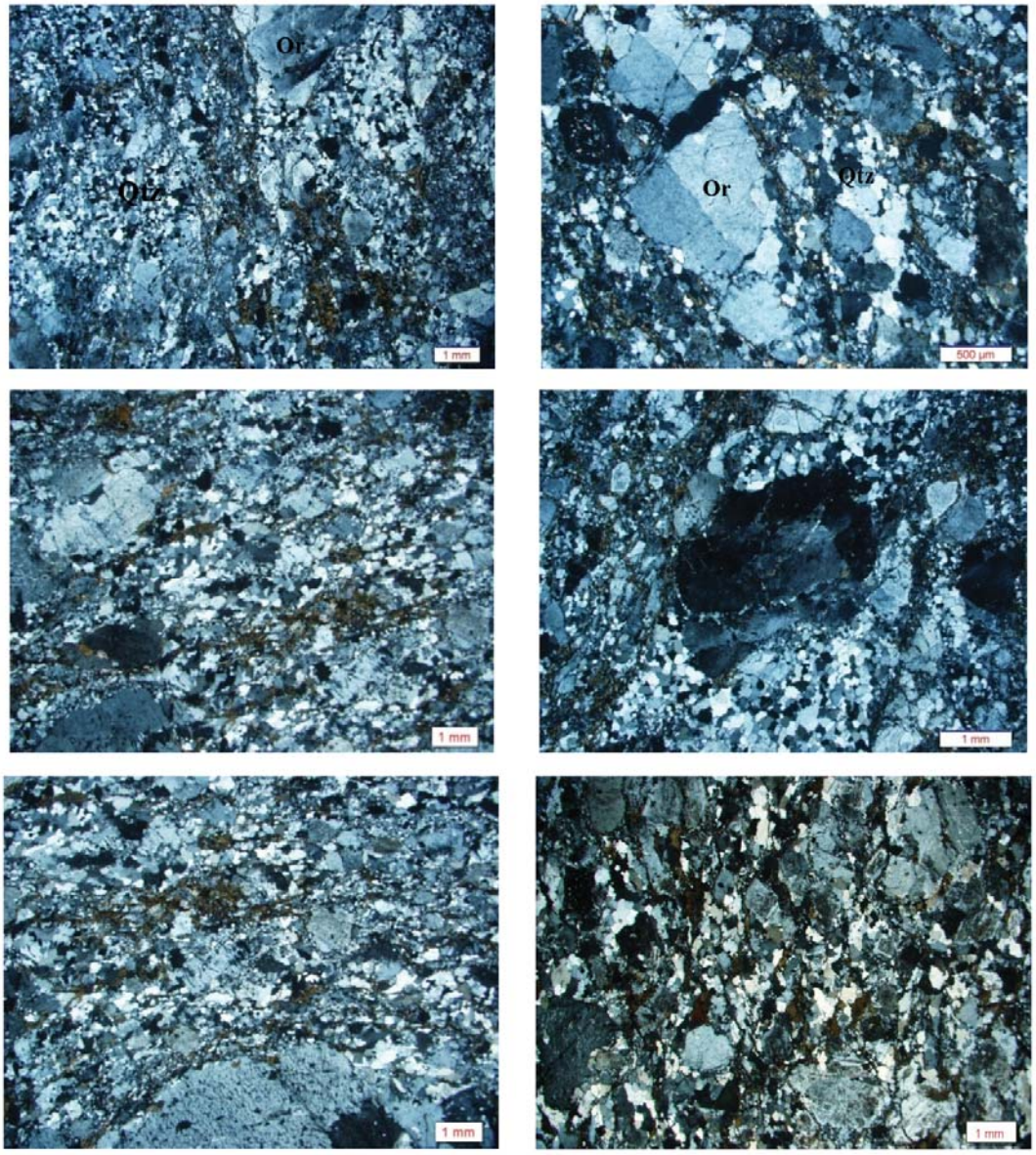


شکل ۸- سه نوع اصلی تبلور مجدد دینامیک در یک مجموعه یا اجتماع چندبلوری (پلی کریستالین). شکل اقتباس از Trouw و همکاران (۲۰۱۰).

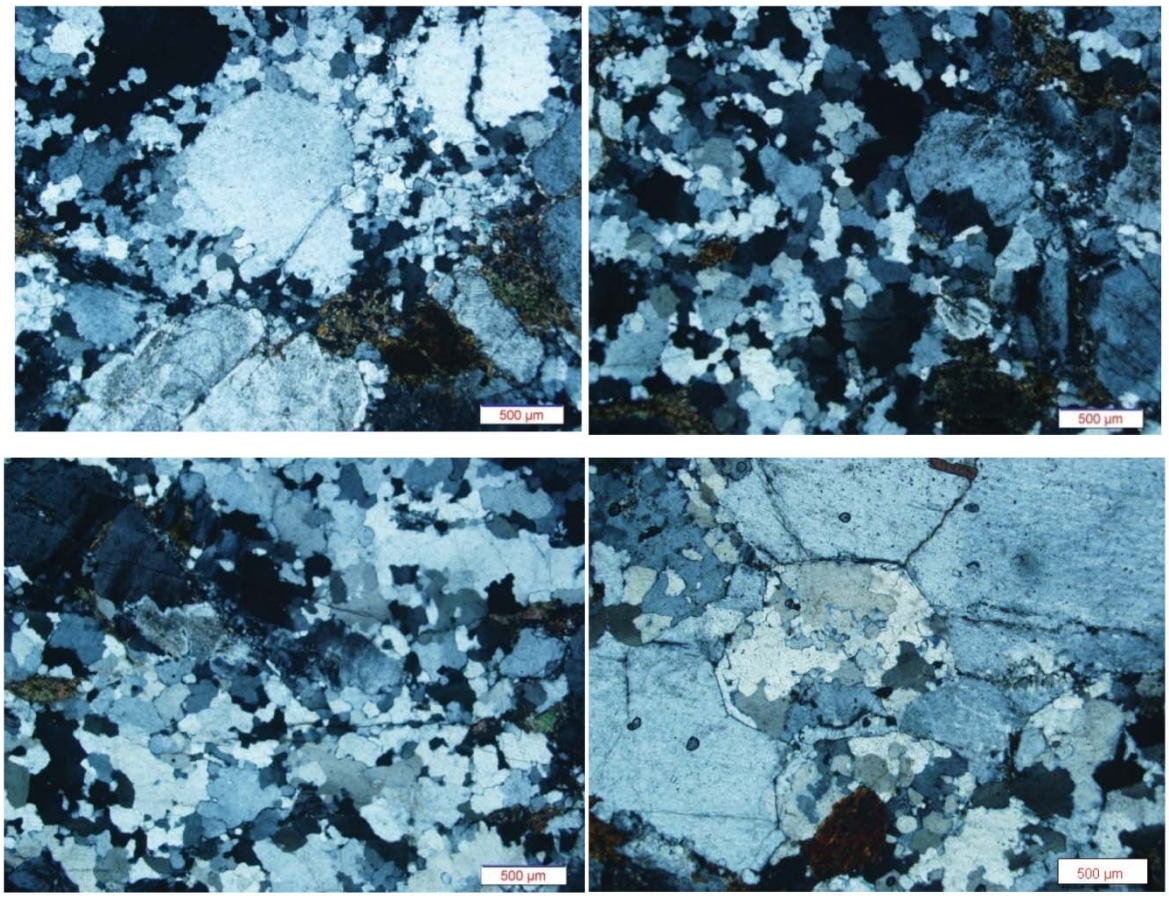
- تبلور مجدد همراه با برآمدگی مرز دانه‌ها در دماهای نسبتاً پایین؛ مهاجرت مرز دانه‌ای در دماهای پایین به برآمدگی دامنه کوتاه مرزهای تماس دانه‌ها منجر می‌شود که نهایتاً به وسیله فرآیندی به نام باریک‌شدگی به جدایش بخش‌هایی از دانه‌های اولیه، به صورت دانه‌های جدید کوچک ختم خواهد شد.
- تبلور مجدد همراه با ریزدانه‌شدن و چرخش دانه‌های ریز و جدید تولید شده در دماهای پایین تا متوسط. این نوع تبلور مجدد، دانه‌های جدیدی را تولید می‌کند که با چرخش پیشرونده (فزاینده) دانه‌های ریز تولید شده در آن‌ها همراه است.
- مهاجرت مرز دانه‌ها در دماهای بالا؛ توسط این سازوکار دانه جدیدی تولید نمی‌شود، ولی بر اثر رشد از طریق مهاجرت مرز دانه‌ها، دانه‌های بزرگی

با اشکال نامنظم تولید می‌شود که اغلب دارای ادخال‌هایی از سایر کانی‌ها می‌باشند.

در توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت شواهد میلونیت زایی درجه پایین به شکل خرد شدگی بلورهای ارتوز، خاموشی موجی در کوارتزها، تبلور مجدد و مهاجرت مرز دانه‌ها در کوارتز مشخص می‌شود که به ترتیب در شکل‌های ۹ و ۱۰ آورده شده میلونیت‌های درجه متوسط و درجه بالا بندرت در نمونه‌های این توده مشاهده می‌شود.



شکل ۹- شواهد میلونیت‌های درجه پایین در توده گرانیتوئیدی بوئین – میاندشت شامل خردشدگی بلورهای پتاسیم فلدسپار، خاموشی موجی و خردشدگی شدید در کوارتزها و دانه‌ریز شدن بیوتیت‌ها.

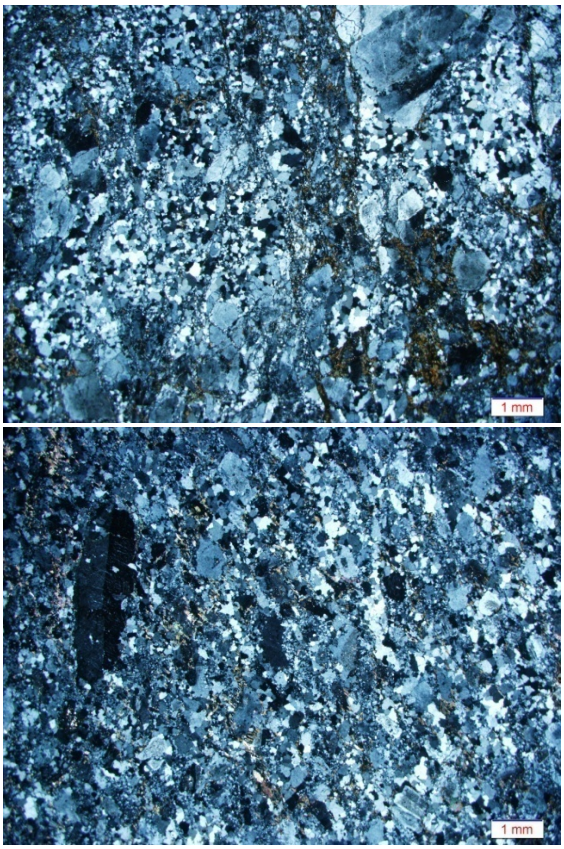


شکل ۱۰- تصاویری از تبلور مجدد و مهاجرت مرز دانه‌ها در میلونیت‌های درجه پایین موجود در توده گرانیتوئیدی بوئین- میاندشت.

میلونیت‌های درجه متوسط

دامنه دمایی تشکیل این گروه از میلونیت‌ها، تقریباً ۵۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتیگراد است. در میلونیت‌های درجه متوسط، اساساً از طریق فرایند دانه‌ریز شدن همراه با چرخش دانه‌های جدید ایجاد شده معمولاً کوارتز به طور کامل متحمل تبلور مجدد می‌شود و همچنین دانه‌های‌ریز کوارتز تازه تشکیل‌شده، تا حدی رشد می‌کنند که دانه‌های فاقد کرنش، فابریک‌بلورین چندوجهی پیدا می‌کنند و اندازه میانگین دانه‌ها از ۵۰ میکرومتر فراتر می‌رود.

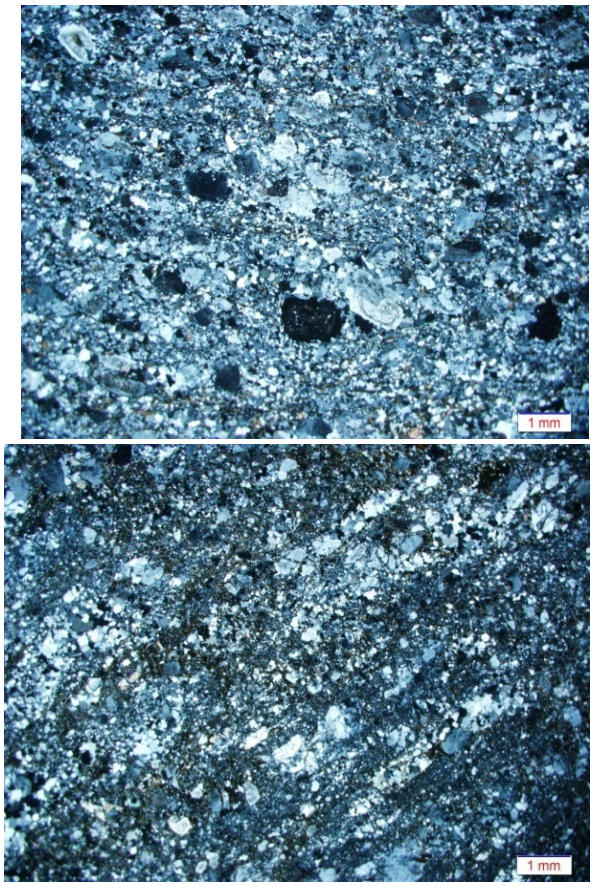
پورفیروکلاست‌های فلدسپار در اثر تبلور مجدد جزئی، می‌توانند خاموشی موجی نشان دهند.



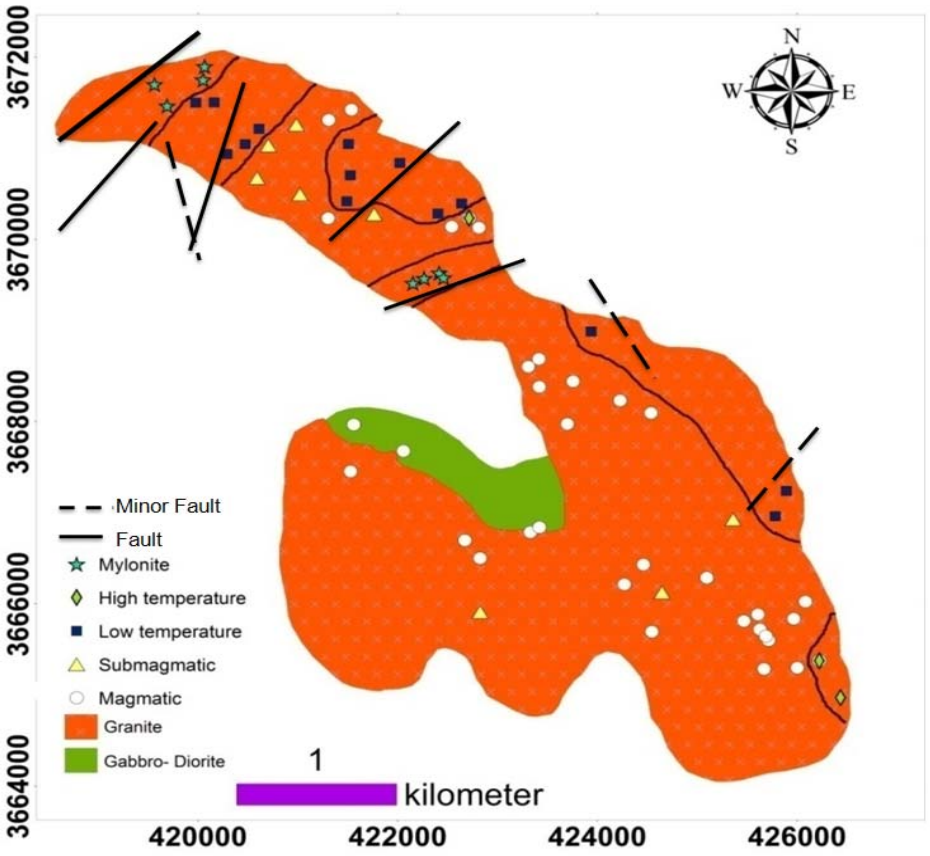
شکل ۱۱- خردشدگی شدید، چرخش و تبلور مجدد دانه‌های کوارتز از مهمترین شواهد میلونیت های درجه متوسط در منطقه مورد مطالعه است.

میلونیت‌های درجه بالا

میلونیت‌های درجه بالا در دماهای بالاتر از ۶۵۰ درجه سانتیگراد تشکیل می‌شوند. احتمالاً به خاطر اینکه بقاء (محفوظ ماندن) این نوع میلونیت‌ها مسئله‌ساز است، نسبتاً کمیاب هستند. بیشتر میلونیت‌های تشکیل شده تحت این شرایط، تمایل دارند متحمل تبلور مجدد پیشرفته شوند، این امر باعث تخریب ساختار میلونیتی می‌شود و یا آن را استتار می‌کنند. از ویژگی‌های برجسته میلونیت‌های درجه بالا، وجود نوارهای تک‌بلوری متشکل از کوارتزهای تبلور مجدد یافته‌ای است که به وسیله مهاجرت مرز دانه‌ها، رشد کرده‌اند و به دانه‌هایی طویل تبدیل گردیده‌اند، در ضمن آنها توسط حاشیه‌ای از فلدسپارهای تبلور مجدد یافته دربرگرفته شده‌اند.



شکل ۱۲- نوارهای تک بلوری تشکیل شده از کوارتز و افزایش درصد زمینه نسبت به درصد پورفیروکلاست‌ها از جمله شواهد میلونیت های درجه بالا در بخش‌های شمال غربی توده گرانیتوئیدی بوئین _ میاندشت می‌باشند.



شکل ۱۳- نقشه نشان‌دهنده پراکندگی ریزساخت‌های توده گرانیتوئیدی بوئین– میاندشت.

نتیجه‌گیری

مطالعه مقاطع نازک تهیه شده از نمونه‌های سنگی نشان داد که در توده گرانیتوئیدی بوئین – میاندشت چهار نوع ریزساخت شامل ریزساخت‌های ماگمایی، ساب ماگمایی، حالت جامد دمای بالا، حالت جامد دما پایین و میلونیت قابل شناسایی است که قسمت عمده آن‌ها ریزساخت‌های ماگمایی تشکیل می‌دهند، ریز ساخت‌های حالت جامد دمای بالا، کمترین مقدار را از لحاظ فراوانی دارند. با توجه به مشاهدات صحرایی و بررسی‌های میکروسکوپی به خوبی می‌توان دریافت که قسمت‌های جنوب، مرکز و بعضی از مناطق شمالی توده گرانیتوئیدی بوئین- میاندشت دارای ریزساخت‌های ماگمایی و حالت جامد دمای بالا می‌باشند و قسمت‌های شمال، شمال‌غرب و حواشی توده ریزساخت‌های حالت جامد دمای پایین نشان می‌دهند. با توجه به ریزساخت‌ها و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های گرانیتوئیدی برشی شده، میلونیتی شدن در دماهای پایین، پایین‌تر از دمای سولیدوس صورت گرفته است و حاصل تحمیل تنش‌های تکتونیکی در زمان‌های پس از جایگیری، بر این توده نفوذی می‌باشند. ریزساخت‌های ماگمایی و ساب ماگمایی اولیه هستند و معرّف رفتار ماگما در دماهای نسبتاً بالا می‌باشند. در حالیکه ریزساخت‌های حالت جامد دمای پایین بعداً بر ریزساخت‌های اولیه

تحمیل شده‌اند. مطالعه ریزساخت‌ها در کنار مطالعه فابریک‌های ماگمایی در مقیاس صحرایی و نمونه دستی و مطالعه فابریک‌های مغناطیسی می‌توانند به ما در مسیر فهم سازوکار جایگیری توده‌های گرانیتوئیدی کمک شایانی می‌نمایند.

منابع

- رضایی کهخایی، م. (۱۳۸۵) پتروژنز و جایگاه تکتونیکی توده گرانیتوئیدی لخشک و دایک‌های آن (شمال غرب زاهدان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران.
- قاسمی، ح. (۱۳۷۱) بررسی پترولوژی و زمین شناسی سنگهای آذرین نفوذی منطقه بوئین- میاندشت (جنوب شرقی الیگودرز). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران.

-Ahadnejad, V., Valizade, M., Deevsalar, R., Rezaei- kahkhaei, M. (2011) Age and geotectonic position of the Malayer granitoids: Implication for plutonism in the Sanandaj – Sirjan zone, w iran, N. Jb. Geol. Palaont. Abh. 261/1, 61- 75.

-Ahmadi – Khalaji, A., Esmaely, D., Valizade, M.V., Rahimpour- Bonab, H. (2007) Petrology and geochemistry of the granitoid complex of Boroujerd, Sanandaj- Sirjan zone, western Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 29, 859 – 877.

-Bouchez J.L. Delas C. Gleizes G. Nedelec A. Cuney M. (**1992**) "Submagmatic microfracture in granite", geology 20, **35-38**.

-Clow, R. D., Morgan, S.S., Casey, m., Sylvesters, A. G., Nyman, M. (1992), The papoose flat pluton of estern California: are assessment of its emplacement history in the light of new microstractural and crystahhographic fabric observations transactions Royal society of Edinburgh, Earth sciences, 88, 361- 375.

-Dickson, F.w. (1996), Porphyroblasts of barium-zoned K- feldspar and quartz, papoose flat, Inyo Mountains, California, genesis and exploration implication, In: Geology and ore Deposits of the American Cordillera: Geological society of Nevada symposium proceedings coyner, A.R., & Fahey, P.L, (Editor), Reno sparks, Nevada, 909- 924.

-Gleizes, G., Leblanc, D., Santana, V., Olivier, Ph., Bouchez, J. L. (1998) Sigmoidal structures featuring dextral shesr during emplacement of the Hercynian granite complex of Cauterets- Panticcosa (Pyrenees), Journal of structural geology, vol2/No 9/10, 1229- 1245.

-Leblanc, D., Gleizes, G., Lespinasse, P., Olivier, PH., Bouchez ,J. L. (1994) The Maladeta granite polydiapir, Spanish Pyrenees: a detailed magneto structural study, Journal of structural Geology, vol /16,No/ 2, 223, 235.

-Maninig, D. A. C. (1981) The effect of fluorine on liquidus phase relationships in the system Qz- Ab- Or with excess water at 1 Kb, Contribution to mineralogy and petrology, 76, 206- 215.

-Neves, S., Araujo, M. B., Correia, P. B., Mariano, G. (2003) Magnetic fabrics in the Cabanas Granite (NE Brazil): interplay between emplacement and regional fabrics in a dextral Transpressive regime, Journal of Strauctural Geology, 25, 441 – 453.

-Paterson, S.R. Vernon, R.H. Toshiba, O.T. (1989) "A review for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids", J. of Structural Geology II(3), pp. 349-363.

-Passchier, c.w. and Trouw, R. A. J. (1999) "**Micro Tetonics**", Springer Verlag Berlin Heidelberg in Germany.

-Trouw, R. A. J., Paschier, C. W., Wiersma, D. J. (2010) Atlas of Mylonites- and microstructure, Springer verlag Berlin Hidelberg in Germany.

-Vernon, R.H., Flood, R.H. (1987) Contrasting deformation and metamorphism of S and I type granitoids in the Lachlan fold belt, estern Australia. Tectonic physics, 219, 241- 256.

-Vernon, R.H. (2004) "a practical guide to rock

microstructure. Cambrige university press“. 594.

-Winter, J.D. (2001) An introduction to igneous and metamorphic petrology. Libarary of Congress Cataloging, New Jersey.