سنگ‌نگاری مجموعه دگرگونی گلمنده با نگرشی بر نشانه‌های دگرریختی میکروسکوپی

آرش گورابجیری‌پور [۱*] و محمدهاشم امامی [۲]

[۱] استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میانه، میانه، ایران

[۲] دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۰۳

چکیده

پشته گلمنده به صورت یک گنبد کم ارتفاع در شمال خاور دهستان ساغند، در استان یزد قرار دارد و از دید تقسیمات زمین‌شناسی- ساختاری ایران بخشی از ایران مرکزی و بلوک پشت‌بادام -کلمرد در خاور گسل پشت بادام است. این پشته را مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونی گنیس، شیست، مرمر و آمفیبولیت می‌سازد که در آن میان، آمفیبولیت‌ها چیره هستند و می‌توان آنها را به سه بخش هورنبلندیت (با بیش از ۹۰ درصد هورنبلند)، گارنت‌آمفیبولیت (دارای پلاژیوکلاز الیگوکلاز و هورنبلند نوع چرماکیت- هاستینگزیت و گارنت‌های درشت قهوه‌ای رنگ آلماندن) و گنایس‌های آمفیبولیتی خاکستری با ساخت نواری و بافت چشمی کانی‌های پلاژیوکلاز تقسیم کرد. تنش‌های اعمال شده بر این مجموعه، ۶ گروه واتنشی پدید آورده است که عبارتند از آذرین دگرشکل شده، سری میلونیتی، سری کاتاکلاسیتی، دگرگونی ناحیه‌ای، دگرگونی ناحیه‌ای میلونیتی و دگرگونی ناحیه‌ای کاتاکلاسیتی. ساختارهای دیده شده دربردارنده خاموشی موجی کوارتزها، ماکل‌های دگرشکل‌شده فلدسپارها، پرتیت‌های آتش‌گون نامنظم و میرمکیت‌های ویژه پهنه‌های برشی در مجموعه آذرین و پورفیروکلاست‌های پوششی هستند. کلاست‌های با سایه واتنش و کلاست عریان و کانی‌های ماهی‌گون در مجموعه میلونیتی، نشان از دو فرایند برشی چپ‌بر و راست‌بر دارد که برش اولیه به‌صورت چپ‌بر بوده است.

کلیدواژه‌ها: ساغند، پشته گلمنده، آمفیبولیت، پتروفابریک، ریزساخت، تنش برشی

***نویسنده مسئول:** آرش گورابجیری‌پور

E-mail: a. gourabjeri@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

محدوده مورد مطالعه در استان یزد، چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ اردکان، برگه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ ساغند و ۱:۲۵۰۰۰ چاه میونته و با مختصات ″۳۰ ′۲۲ °۵۵ تا ″۰۰ ′۳۰ °۵۵ طول خاوری و″۰۰ ′۴۵ °۳۲ تا ″۳۰ ′۳۷ °۳۲ عرض شمالی در زون ۴۰ جغرافیایی قرار دارد. دسترسی به محدوده مورد مطالعه از راه جاده اصلی یزد به طبس است. ساغند در فاصله ۱۲۰ کیلومتری شمال خاور یزد قرار دارد. ۲۰ کیلومتر پس از ساغند به طرف شمال در جاده آسفالتی ساغند- رباط پشت‌بادام جاده فرعی به سوی خاور جدا شده و پس از ۱۵ کیلومتر به دامنه جنوبی پشته گلمنده منتهی می‌شود. بر پایه تقسیم‌بندی زمین‌شناسی- ساختاری ایران بخشی از پهنه ایران مرکزی و بلوک پشت بادام-کلمرد را دربر می‌گیرد.

در بلوک پشت‌بادام- کلمرد مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین و دگرگونی قدیمی از پرکامبرین تا پالئوزوییک زیرین و رسوبات مزوزوییک و نفوذی‌های گوناگون رخ می‌نماید. این بلوک را می‌توان از دید زمین‌شناسی، ریخت‌شناسی به دو بخش تقسیم کرد. گسل پشت‌بادام مرز جدایش این دو محدوده است که با روندی شمال خاوری- جنوب باختری ناحیه را به دو بخش باختری و خاوری تقسیم می‌کند. این گسل در نزدیکی شهر ساغند تغییر جهت می‌دهد و روند آن شمال باختر- جنوب خاور می‌شود (Samani, 1998).

بخش خاوری ناحیه بیشتر دربردارنده رشته‌های نه چندان بلندی است که از میان یک سری کفه‌های بیابانی سربرآورده‌اند.

بخش باختری را زنجیره‌ای از کلوت‌ها می‌سازد که بر روی هم روند شمال خاوری - جنوب باختری دارند و مهم‌ترین آنها بدین قرار است:

- مجموعه پشت‌بادام که از کهن‌ترین واحدهای بخش باختری است، در باختر دهکده پشت‌بادام و میان گسل پشت‌بادام و کلوت‌چاتک بیرون‌زدگی دارد و دربردارنده مجموعه‌ای از گنیس، میکاشیست، مرمر، آمفیبولیت، کوارتزیت و متاولکانیک است که بیشتر به پالئوزوییک بالا تعلق دارد (باباخانی و مجیدی، ۱۳۷۴؛حقی‌پور، ۱۳۵۵).
- کلوت‌های خشومی، نی‌باز، چاپدونی و بالاخره چاتک است که از گنیس، آمفیبولیت و میکاشیست تشکیل شده است. این کلوت‌ها بخش‌های نمایان یک مجموعه هسته‌ای دگرگون (metamorphic core complex) است که در آنها دگرگونی تا آناتکسی پیش رفته است و سنی معادل ائوسن میانی دارد (گورابجیری‌پور، ۱۳۸۹).

بخش خاوری دیرینگی بیشتری دارد که بخشی از پی‌سنگ ایران‌زمین را تشکیل می‌دهد و دربردارنده مجموعه زمان‌آباد، بنه‌شورو و سازند تاشک است.

- سازند تاشک دربردارنده مجموعه‌ای از اسلیت، میکاشیست، کوارتزیت، متاگریواک، آذرآواری و گدازه‌های مافیک است. این سازند دارای زیرکن‌های گوناگون آواری است که جوان‌ترین آنها ۶۲۷ میلیون سال سن دارد، توده نفوذی گرانیتی به سن ۵۳۳ میلیون سال آن را مورد هجوم قرار داده است. این واحد توسط مجموعه رسوبی-آتشفشانی کامبرین پوشیده شده است (Ramezani & Tucker, 2003). واحد کربناتی دریایی کم‌ژرفای پرمین- تریاس با ناپیوستگی شیب‌دار بر روی مجموعه کامبرین قرار گرفته است.

پس از مجموعه پرمین- تریاس سنگ‌های کربناتی آواری کرتاسه اربیتولین‌دار (آلبین تا آپتین) با ناپیوستگی زاویه‌دار روی واحدهای کهن‌تر قرار دارد.

- مجموعه بنه‌شورو دربردارنده میکاشیست، گنیس، آمفیبولیت، مرمر و کوارتزیت است که در آن آمفیبولیت‌های دارای گارنت‌های درشت، گسترش بیشتری دارند.

سن پروتولیت آمفیبولیت‌ها ۲±۵۴۷ میلیون سال اندازه‌گیری شده است (Kleemann & Reinhardt, 1994) که در تناوب با میکاشیست‌ها قرار دارد و به‌وسیله توده‌های گرانیتی (اکنون گنیس) به سن ۵۳۳ میلیون سال مورد هجوم قرار گرفته است (Ramezani & Tucker, 2003).

۲- پشته گلمنده

پشته گلمنده به صورت یک گنبد بیضی‌شکل با روند شمال باختر- جنوب خاور در میان کویر الله‌آباد و خاور گسل پشت‌بادام، بخشی از مجموعه بنه‌شورو را نمایان کرده است که مطالعه آن به عنوان پی‌سنگ ایران اهمیت زیادی دارد. شکل ۱ تصویر سه بعدی پشته گلمنده که تلفیقی از تصاویر ماهواره Aster و IRS است را نشان می‌دهد.

۳- ویژگی‌های ساختاری

همان‌گونه که در نقشه زمین‌شناسی گلمنده (شکل۲) دیده می‌شود، امتداد محور بزرگ بیضوی پشته شمال خاور- جنوب باختر است. این روند در گسترش واحدهای سنگی محدوده نیز دیده می‌شود. ولی روند ساختاری واحدهای سنگی بیشتر شمال باختر - جنوب خاور است و با امتداد بیشتر گسل‌های مؤثر محدوده همخوانی دارد. شیستوزیته و لایه‌بندی بیشتر امتدادی بین N110E تا N135E نشان داده و شیب عمومی آنها به سمت شمال خاور است.

مرز باختری پشته را گسلی با امتداد N45-50 مشخص می‌کند که در امتداد آن پشته بلندتر و آثار چین‌خوردگی فراوان‌تر است. در بخش باختری دره‌های ژرف با پهنای زیاد دیده می‌شود.

از ویژگی‌های اصلی ساختاری پشته گلمنده، وجود برگ‌وارگی بیشتر در کناره پشته و در نزدیکی گسل‌های شمال باختر- جنوب خاور است.

۴- ویژگی‌های سنگ‌شناسی

مجموعه گلمنده را تناوبی از کوارتز، میکاشیست‌های سفیدرنگ، مرمر، گنایس‌های صورتی و بالاخره آمفیبولیت‌های بیشتر گارنت‌دار سبز تیره تشکیل می‌دهد که با سنگ‌های مارنی- گچی در دامنه‌های آن دربرگرفته شده است. مطالعات سنگ‌شناسی نشان داده است که پروتولیت این مجموعه سنگی را تناوبی از ماسه‌سنگ‌ها، کربنات‌ها، آرنیت‌ها همراه با سنگ‌های ماگمایی بازیک تشکیل می‌داده که مورد هجوم توده‌ای گرانیتی قرار گرفته بوده است. میکاشیست‌های دارای مسکوویت‌های درشت با فلدسپار، کوارتز و کانی‌های تیره است که در آن بلورهای کوارتز بیش از ۵۰ درصد و کانی‌های تیره کمتر از ۵ درصد ترکیب کانی‌شناختی را می‌سازند. آمفیبولیت‌ها دانه درشت و بیشتر دارای گروناست که از تولئیت‌های بازالتی و توده‌های گابرویی - دیابازی منشأ گرفته‌اند. گنایس‌های صورتی نیز از گرانیت‌هایی می‌آیند که از مجموعه رسوبی- آذرین جوان‌تر هستند. برگ‌وارگی چیره، حاصل تنشی است که دیرزمانی پس از شکل گرفتن مجموعه رسوبی- آذرین بر آن اثر کرده و آن را به شدت دگرگون کرده و تغییر شکل داده است.

۵- پتروفابریک

افزون بر مطالعات میدانی در ماهیت و منش ساختارهای نرم و شکنا، مطالعات میکروسکوپی در مقاطع نازک جهت‌دار برای پی بردن به تغییرات ساخت و بافت و آرایش‌های پی در پی کانی‌شناسی دربردارنده شکنا (Brittle)، نرم (Ductile) و جریانی (Flow) نیز انجام گرفته است (Winchell, 1967; Passchier, 2005) و با توجه به شناختی که از پروتولیت سنگ‌ها در مطالعات سنگ‌شناسی صورت پذیرفته بود و نوع واتنش آنها، سنگ‌های تغییرشکل یافته پشته گلمنده را می‌توان به ۶ گروه به قرار زیر تقسیم کرد:

۵-۱. گرانیت پروتوکاتاکلاستیکی تا پروتومیلونیتی

کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده این سنگ‌ها شامل کوارتز، فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز و بیوتیت است.

کوارتز: به صورت شکل‌دار زاویه‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متفاوت در متن سنگ دیده می‌شود. از ویژگی‌های این کوارتزها، خاموشی موجی، پدیده دانه‌های فرعی و نوظهور است. در برخی از کوارتزها در گذر از کاتاکلاستیک به میلونیت ریزترک و ریزشکستگی‌هایی دیده می‌شود. برخی از بلورهای کوارتز نیز ادخال‌هایی از بیوتیت دارند (شکل۳)

فلدسپارهای قلیایی: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های بزرگ تا ریزبلور و با ترکیب میکروکلین پرتیتی دیده می‌شوند. از ویژگی‌های آنها می‌توان به پرتیت (نوع موج‌گون و نامنظم)، ماکل مشبک دگرشکل شده و انکلوزیون‌های غیرفعال اشاره کرد. این کانی‌ها در نتیجه فاز دگرشکلی شکنا- شکل‌پذیر دچار تغییراتی در ساختمان بلورین شده‌اند. این تغییرات به صورت تغییر در ماکل و پرتیت‌های ویژه شرایط دگرشکلی، دیده می‌شود. از ریزساخت‌های تشکیل شده توسط این فلدسپارها می‌توان ریزساخت‌های اولیه پویی‌کلیتیک (ادخال‌های پلاژیوکلازها و بیوتیت) را نام برد. فلدسپارهای قلیایی تا حدی به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند و در کناره برخی از این کانی‌ها میرمکیت‌های حباب‌گون دیده می‌شود (شکل‌های۳ تا ۵).

پلاژیوکلازها: به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار با ماکل آلبیت و آلبیت- پریکلین و در برخی موارد با ساختمان منطقه‌ای دیده می‌شوند. این کانی‌ها پراکندگی کمتری نسبت به فلدسپارهای قلیایی دارند. ترکیب پلاژیوکلازها بر پایه بیشترین زاویه خاموشی و ضریب شکست، آلبیت تا الیگوکلاز است. این کانی‌ها در نتیجه تنش‌های اعمال شده دچار تغییراتی شده‌اند. از ویژگی‌های آنها می‌توان به ماکل‌های آلبیتی دگرشکل‌شده (خمیدگی و تغییر در شکل ماکل) اشاره کرد (شکل ۳).

بیوتیت: به صورت اولیه و حدود ۱۰ درصد حجمی سنگ را تشکیل می‌دهد. برخی از بیوتیت‌ها ادخال‌های زیرکن دارند. بلورهای بیوتیت بر اثر دگرسانی به کلریت، تیتانیت، مسکوویت و کانی‌های کدر تبدیل شده‌اند. از ریزساخت‌های دیده شده در این کانی‌ها می‌توان به تاب‌برداشتگی، خمیدگی و میکروبودین‌شدگی اشاره کرد (شکل‌های۳ تا ۵).

کانی‌های فرعی شاخص دیده شده آلانیت است که به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل در امتداد برگ‌وارگی ضعیف میلونیتی دیده می‌شود. از ویژگی‌های این آلانیت‌ها می‌توان به حاشیه‌های انحلالی و واکنشی اشاره کرد. در حاشیه واکنشی پیرامون این کانی‌ها می‌توان کانی‌های همچون کلریت و اپیدوت را برشمرد. از ادخال‌های موجود در این کانی‌ها می‌توان به زیرکن اشاره کرد (شکل۶).

۵-۲. سنگ‌های سری میلونیتی

-آلانیت- گارنت- آمفیبول- فلدسپار- کوارتزپروتومیلونیت تا مزومیلونیت: کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ شامل کوارتز، فلدسپار قلیایی، آمفیبول و پلاژیوکلاز هستند و بافت میلونیتی دارند.

کوارتز: به صورت شکل‌دار زاویه‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متفاوت در متن سنگ دیده می‌شود. از ویژگی‌های این کوارتزها می‌توان به خاموشی موجی و پدیده دانه‌های فرعی و نوظهور اشاره کرد. پدیده دانه‌های فرعی در این کوارتزها به صورت نامنظم است. این کوارتزها ۳ گونه متفاوت دارند:

۱- کوارتز گونه اول (Qtz-1): مربوط به سنگ مادر پیش از این دگرشکلی هستند. از ویژگی‌های آنها می‌توان به خاموشی موجی، دانه‌های فرعی، نوظهور و ریزساخت سیگماگون اشاره کرد. در این نمونه دانه‌های فرعی که حاصل دگرشکلی شکنا- شکل‌پذیر بوده، به صورت بلوکی نامنظم و هم بعد دیده می‌شوند (شکل۷).

۲- کوارتز گونه دوم (Qtz-2): به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه متوسط تا ریزبلور و با فراوانی کم دیده می‌شوند. این‌گونه به علت اعمال تنش‌های زمین‌ساختی دچار خردشدگی و در نتیجه کاهش اندازه و تبلور دوباره یا تبلور جدید (Recrystallization or New Crystallization) شده‌اند (شکل۷).

۳- کوارتز گونه سوم (Qtz-3): به صورت نیمه‌شکلدار تا بی‌شکل با اندازه متوسط نوارها یا ریبون‌های کوارتزی را تشکیل داده‌اند. از ویژگی‌های آنها می‌توان به خاموشی موجی متوسط و مرز تقریباً مستقیم میان دانه‌ها اشاره کرد. در برخی موارد نوارهای کوارتز به صورت ریزچینه‌ای ساده محلی دیده می‌شوند. این ریزچین‌ها در طی میلونیتی شدن با سوی برش راست‌بر ایجاد شده‌اند(شکل‌های ۷ تا ۱۰).

فلدسپارهای قلیایی: در این سری به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های بزرگ تا ریزبلور و با ترکیب میکروکلین و اورتوز پرتیتی دیده می‌شوند. از ویژگی‌های آنها می‌توان به پرتیت (نوع موج‌گون و نامنظم)، ماکل مشبک دگرشکل

شده، کلاست با سایه واتنش نامتقارن دانه‌ای و انکلوزیون‌های غیرفعال اشاره کرد. فلدسپارهای آلکالن تا حدی به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. در حاشیه برخی از این کانی‌ها میرمکیت‌های حباب‌گون دیده می‌شود (شکل‌های۸ تا ۱۰).

پلاژیوکلازها: به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار با ماکل آلبیت و آلبیت- پریکلین و در برخی موارد با ساختمان منطقه‌ای دیده می‌شوند. این کانی‌ها دارای پراکندگی کمتری نسبت به فلدسپارهای قلیایی هستند. پلاژیوکلازها از نوع آلبیت تا الیگوکلاز است. این کانی‌ها در نتیجه تنش‌های اعمال شده دچار تغییراتی شده‌اند که می‌توان به ماکل‌های آلبیتی دگرشکل شده (خمیدگی و تغییر در شکل ماکل)، ادخال‌های غیرفعال، ریزترک‌ها، پورفیروکلاست پوششی نوع σ (سیگما)، کلاست و سایه واتنش (با سوی برش راست‌بر) اشاره کرد. از ادخال‌های موجود در پلاژیوکلازها می‌توان بیوتیت‌های تیغه‌ای و تیتانیت را نام برد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۲).

بیوتیت: به صورت تیغه‌ای برگ‌وارگی میلونیتی را ایجاد کرده است. رنگ آنها قهوه‌ای روشن تا شکلاتی و در صورت تجزیه به کلریت تغییر می‌کند. برخی از بیوتیت‌ها ادخال‌هایی از زیرکن دارند. بلورهای بیوتیت بر اثر دگرسانی به کلریت، مسکوویت و کانی‌های کدر تبدیل شده‌اند. از ریزساخت‌های دیده شده در این کانی‌ها می‌توان به تاب‌برداشتگی، خمیدگی، سایه واتنش، کلاه واتنش و میکاماهی و میکروبودین‌شدگی اشاره کرد (شکل‌های ۱۱تا ۱۲).

آمفیبول: به صورت تیغه‌ای و منشوری با چندرنگی سبزتیره تا سبز مایل به ارغوانی در امتداد برگ‌وارگی دیده می‌شود. برخی آمفیبول‌ها از تبدیل‌شدگی بیوتیت به دست آمده‌اند که این می‌تواند، نشان از افزایش درجه دگرشکلی باشد؛ از سوی دیگر آمفیبول‌های دیگری نیز دیده می‌شوند که به صورت مستقل در امتداد برگ‌وارگی آرایش یافته‌اند. به عبارت دیگر این دگرشکلی تا حد رخساره آمفیبولیت زیرین رخ داده است. از ریزساخت‌های ایجاد شده توسط این کانی‌ها می‌توان به آمفیبول ماهی‌گون، سایه واتنش و کلاه واتنش اشاره کرد. برخی از آمفیبول‌ها در طی دگرشکلی به صورت بریده بریده شده‌اند (شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۳). از ویژگی‌های این سری می‌توان به فراوانی کانی‌های گارنت و آلانیت اشاره کرد.

گارنت: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل (گرد تا خردشده) و با اندازه (μm) ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ در امتداد برگ‌وارگی ضعیف میلونیتی آرایش یافته است. در برخی موارد این گارنت‌ها به صورت میکروبودین دیده می‌شوند. از ریزساخت‌هایی که توسط این گارنت‌ها ایجاد شده است، می‌توان به گارنت طویل شده، کلاست عریان (بدون دنباله) و کلاست با سایه واتنش اشاره کرد. در اغلب موارد آمفیبول‌ها به صورت سایه واتنش فیبری نامتقارن در پیرامون گارنت‌ها دیده می‌شوند. سوی برش بر اساس این شاخص‌های برش چپ‌بر و در برخی موارد راست‌بر بوده است (شکل‌های ۱۴ تا ۱۵). از ادخال‌های موجود در این گارنت‌ها می‌توان به کوارتز، مسکوویت، آلانیت و اپیدوت اشاره کرد. آرایش این ادخال ها گویای تشکیل آنها در طی دگرگونی پیش از رخداد میلونیتی شدن است.

آلانیت: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل و با اندازه (μm) ۱۰۰ تا ۵۰۰ در امتداد برگ‌وارگی ضعیف میلونیتی دیده می‌شود. از ویژگی‌های این آلانیت‌ها می‌توان به منطقه‌بندی، حاشیه‌های انحلالی و واکنشی اشاره کرد. در حاشیه واکنشی پیرامون این کانی‌ها می‌توان کانی‌هایی همچون کلریت و اپیدوت دید. از ریزساخت‌هایی که توسط این کانی‌ها ایجاد شده، می‌توان پورفیروکلاستهای پوششی نوع σ (سیگما) با میکرومورفولوژی کامل (با دنباله‌های دو سویه) و ناقص(با دنباله‌های یک سویه) با سوی برش چپ‌بر و راست‌بر و آلانیت ماهی‌گون با سوی برش راست‌بر را برشمرد. برخی از این کانی‌ها در طی فاز دگرشکلی با سوی برش راست‌بر دچار جدایش شده‌اند. با توجه به ریزساخت‌ها با سوی برش متفاوت می‌توان چنین نتیجه گرفت که منطقه مورد مطالعه در ابتدا روندی چپ‌بر داشته و سپس تغییر روند داده که سوی راست‌بر نتیجه آن است (شکل‌های۱۶ تا ۱۹).

۵-۳. سنگ‌های سری کاتاکلاسیتی

در این سنگ‌ها می‌توان افزون‌بر ریزساخت‌های میلونیتی ایجادشده در طی دو دگرشکلی با سوی متفاوت، ریزساخت‌های مربوط به دگرشکلی کاتاکلاسیتی را دید.

– آلانیت فلدسپار کوارتز میلونیت پروتوکاتاکلاسیتی / گرانیت میلونیتی پروتوکاتاکلاسیتی: بافت سنگ کاتاکلاستیک و کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ شامل کوارتز، فلدسپار قلیایی و پلاژیوکلاز است.

کوارتز: به صورت شکل‌دار زاویه‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متفاوت در متن سنگ دیده می‌شود. از ویژگی‌های این کوارتزها می‌توان به خاموشی موجی، پدیده دانه‌های فرعی و نوظهور اشاره کرد.

این کوارتزها دارای دو گونه متفاوت هستند:

۱- کوارتز گونه اول (Qtz-1): این کوارتزها مربوط به سنگ پیش از دگرشکلی کاتاکلاستی است. از ویژگی‌های آنها می‌توان به خاموشی موجی، دانه‌های فرعی و دانه‌های نوظهور اشاره کرد. در این نمونه دانه‌های فرعی که حاصل دگرشکلی شکنا-شکل‌پذیر بوده، به صورت بلوکی و نامنظم دیده می‌شوند. تبلور دوباره این کوارتزها نتیجه چرخش دانه‌های فرعی است. این گونه از کوارتزها را در دنباله پورفیروکلاست‌های فلدسپار و در متن سنگ می‌توان دید. از ریزساخت‌های ایجاد شده توسط این گونه از کوارتزها می‌توان به پورفیروکلاست‌های پوششی نوع σ با سوی برش راست‌بر اشاره کرد (شکل‌های۲۱، ۲۰، ۲۳).

۲- کوارتز گونه دوم (Qtz-2): به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه متوسط دیده می‌شوند. از ویژگی‌های این گونه از کوارتزها می‌توان به مرز دانه تقریباً مستقیم اشاره کرد (شکل۲۱).

فلدسپارهای قلیایی: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل (گردشده) و با اندازه‌های بزرگ تا ریزبلور در امتداد زون میکروبرشی آرایش یافته‌اند و فلدسپارهای قلیایی به چهار گونه دیده می‌شوند (شکل‌های ۲۰ تا۲۲):

۱- فلدسپار قلیایی گونه اول (Afs-1): که به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های بزرگ تشکیل پورفیروکلاست‌ها را داده‌اند. از ویژگی‌های آنها می‌توان به کلاست با سایه واتنش چپ‌بر و راست‌بر اشاره کرد. این کانی‌ها در برخی موارد چرخش اولیه خود را حفظ کرده‌اند. به عبارت دیگر پس از متحمل شدن دگرشکلی میلونیتی دوم با سوی برش راست‌بر، کلاست سوی چپ‌بر خود را حفظ کرده است. در پیرامون این پورفیروکلاست‌ها میرمکیت تشکیل شده است.

۲- فلدسپار قلیایی گونه دوم (Afs-2): به صورت بی‌شکل و ریزبلور در پیرامون پورفیروکلاست‌ها دیده می‌شود. این گونه از فلدسپارهای قلیایی ریزساخت پوشش و هسته را ایجاد کرده‌اند.

۳- فلدسپارهای قلیایی گونه سوم (Afs-3): به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه متوسط بلور در متن سنگ دیده می‌شوند. از ویژگی‌های آنها می‌توان به کلاست با سایه واتنش چپ‌بر و راست‌بر اشاره کرد.

۴- فلدسپار قلیایی گونه چهارم (Afs-4): که به صورت بی‌شکل (خرد شده) و با اندازه متوسط تا ریزبلور در زون‌های خردشده دیده می‌شود.

از محصولات دگرسانی این کانی‌ها می‌توان به کانی‌های رسی اشاره کرد.

پلاژیوکلازها: به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار و در برخی موارد با ماکل آلبیت و آلبیت- پریکلین دیده می‌شوند. این کانی‌ها دارای پراکندگی کمتری نسبت به فلدسپارهای قلیایی هستند. از محصولات دگرسانی این کانی‌ها می‌توان به کانی‌های رسی و سریسیت اشاره کرد.

از دیگر کانی‌های مهم این مجموعه می‌توان آلانیت، بیوتیت، کلریت، آمفیبول و کانی‌های کدر را برشمرد.

بیوتیت‌ها: بیشتر به صورت تیغه‌ای در برگ‌وارگی میلونیتی و در پیرامون

پورفیروکلاست‌ها دیده می‌شوند. رنگ آنها قهوه‌ای روشن تا شکلاتی و در صورت تجزیه به کلریت سبز تغییر می‌کند. برخی از بیوتیت‌ها ادخال‌هایی از زیرکن دارند. بلورهای بیوتیت بیشتر به کلریت، تیتانیت و کانی‌های کدر دگرسان شده‌اند. از ریزساخت‌های دیده‌شده در این کانی‌ها می‌توان به تاب‌برداشتگی، خمیدگی، سایه واتنش، کلاه واتنش و میکاماهی گروه سوم با سوی برش راست‌بر اشاره کرد (شکل‌های ۲۰ تا ۲۲).

آمفیبول: به صورت تیغه‌ای و منشوری با چند رنگی سبز تیره تا سبز مایل به ارغوانی در امتداد برگ‌وارگی دیده می‌شود.آمفیبول‌ها از نوع چرماکیت، هاستینگزیت بوده و بیشتر به تیتانیت و کلریت دگرسان شده‌اند (شکل ۲۱) (گورابجیری‌پور، ۱۳۸۹).

آلانیت: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل (نیمه‌گرد) و با اندازه (μm) ۲۵۰تا۳۵۰ در امتداد زون برشی آرایش یافته‌اند. از ویژگی‌های این آلانیت‌ها می‌توان به حاشیه‌های ریزخردشده اشاره کرد. از ریزساخت‌هایی که توسط این کانی‌ها در فاز دگرشکلی میلونیتی دوم با سوی برش راست‌بر ایجاد شده، می‌توان به عریان (بدون دنباله) اشاره کرد (شکل۲۳).

کلریت: به صورت رشته‌ای در ریزدرزها، ریزگسل‌ها و زون‌های میکروبرشی و با دو زایش متفاوت دیده می‌شوند (شکل‌های ۲۰ تا ۲۱):

۱- کلریت زایش اول (Chl-1): که به صورت رشته‌ای در ریزساخت‌های حاصل از دگرشکلی شکنا تشکیل شده است.

۲- کلریت زایش دوم (Chl-2): که حاصل دگرسانی بیوتیت‌ها هستند.

کانی‌های کدر به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل و با اندازه درشت تا متوسط بلور در متن سنگ پراکنده است. این کانی‌ها در نتیجه تنش‌های اعمال شده با ماهیت شکنا دچار میکروبودین‌شدگی و ریزشکستگی شده است. برخی از کانی‌های کدر در نتیجه ریزگسلش‌ها جابه‌جا شده‌اند (شکل۲۴).

در نتیجه تنش‌های اعمال شده طی فاز دگرشکلی شکنا ریزساخت‌هایی همچون ریزگسلش‌ها و ریزخردشدگی‌های محلی در متن سنگ دیده می‌شود.

۵-۴. سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای

– میکاشیست چین‌خورده: بیشتر کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ کوارتز و مسکوویت است و بافت گرانولپیدوبلاستیک دارد.

کوارتز: به صورت شکل‌دار زاویه‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متوسط تا ریزبلور در بین برگ‌وارگی دیده می‌شود. از ویژگی‌های آنها می‌توان به مزر بین بلورین تقریباً مستقیم و پدیده‌های دانه‌های فرعی اشاره کرد (شکل‌های ۲۵ و۲۶).

مسکوویت: به صورت تیغه‌های بسیار ظریف تا ظریف برگ‌وارگی فاصله‌دار را ایجاد کرده است. این کانی‌ها برگ‌وارگی S1 و S2 را ایجاد کرده‌اند. برگ‌وارگی S2 در نتیجه رخ (کلیواژ) کرنیولیشن ایجاد شده است. به عبارتی در طی فاز دگرگونی دوم ایجاد شده است (شکل‌های۲۵ تا ۲۷).

– هورنبلند–گارنت‌میکاشیست: کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ کوارتز، آمفیبول، گارنت و بیوتیت و بافت آن نماتوگرانولپیدوبلاستیک است.

کوارتز: به صورت شکل‌دار زاویه‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متوسط تا ریزبلور در بین برگ‌وارگی دیده می‌شود. از ویژگی‌های آنها می‌توان به مزر بین بلورین تقریباً مستقیم و پدیده‌های دانه‌های فرعی اشاره کرد.

آمفیبول: به صورت منشورهای کشیده با چند رنگی سبز تا سبز کمی تیره در امتداد برگ‌وارگی آرایش یافته است. آمفیبول‌ها بر اساس ویژگی‌های نوری از نوع هورنبلند هستند. با توجه به چگونگی آرایش آنها نسبت به برگ‌وارگی S1 می‌توان چنین استنباط کرد که تشکیل آنها همزمان با دگرگونی اول است.

گارنت: به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار در متن سنگ پراکنده است. برخی از گارنت‌ها دچار انحلال شده اند. با توجه به ادخال های کوارتز موجود در این گارنت‌ها می‌توان چنین نتیجه گرفت که تشکیل این کانی‌ها همزمان با زمین‌ساخت بوده است (شکل۲۸).

بیوتیت: به صورت تیغه‌ای و در برخی موارد پولکی برگ‌وارگی فاصله‌دار را ایجاد کرده است. این کانی‌ها برگ‌وارگی S1 و S2 را ایجادکرده‌اند. برگ‌وارگی S2 در نتیجه رخ (کلیواژ) کرنیولیشن ایجاد شده است. به عبارتی در طی فاز دگرگونی دوم ایجاد شده است. گفتنی است برگ‌وارگی S2 به صورت محلی دیده می‌شود (شکل‌های ۲۷ تا ۲۸).

۵-۵. سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای میلونیتی

–آمفیبولیت‌میلونیتی/ اپیدوت–آمفیبول‌میلونیت: کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ کوارتز، هورنبلند، اپیدوت بوده و بافت آن میلونیتی است.

کوارتز: به صورت شکل‌دار زاویه‌دار تا بی‌شکل با اندازه متوسط تا ریزبلور در متن سنگ دیده می‌شود. ازویژگی‌های این کوارتزها می‌توان به خاموشی موجی، پدیده دانه‌های فرعی اشاره کرد. مرز بین بلورین در این کوارتزها تقریباً مستقیم است (شکل۲۹).

هورنبلند: به صورت پولکی و منشوری غالب اصلی سنگ را پدید آورده است. این کانی‌ها بر اساس ویژگی‌های نوری از نوع هورنبلند، چرماکیت و هاستینگزیت بوده و به دو گونه دیده می‌شوند (شکل۲۹) (گورابجیری‌پور، ۱۳۸۹).

۱- هورنبلندهای گونه اول (Am-1): که به صورت پولک‌های درشت بلور بوده که در نتیجه تنش‌های برشی حاصل از عملکرد پدیده میلونیتی‌شدن دچار چرخش شده‌اند. برخی از این کانی‌ها سوی چپ‌بر داشته و برخی دیگر سوی برعکس روند پیشین دارند. از ریزساخت‌های ایجاد شده توسط این گونه از آمفیبول‌ها می‌توان به پورفیروکلاست پوششی نوع σ و کلاست با سایه واتنش اشاره کرد.

۲- هورنبلندهای گونه دوم (Am-2): به صورت منشوری در امتداد زون برشی آرایش یافته‌اند. از ریزساخت‌های ایجاد شده توسط برخی از آمفیبول‌ها می‌توان به آمفیبول‌های ماهی‌گون با سوی برش چپ‌بر اشاره کرد.

تیتانیت: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل در امتداد زون برشی آرایش یافته‌اند. برخی از این کانی‌ها به صورت تیتانیت ماهی‌گون با سوی برش چپ‌بر و برخی با سوی برش راست‌بر دیده می‌شوند. (شکل ۳۰).

۵-۶. سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای کاتاکلاسیتی

– گارنت–آمفیبولیت پروتوکاتاکلاسیتی/ گارنت–آمفیبولیت میکروبرشی شده: کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ شامل هورنبلند، گارنت، کلریت ، کلسیت و کانی‌های کدر است و بافت کاتاکلاستیک دارد.

هورنبلند: به صورت منشورهای با اندازه‌های متوسط تا ریزبلور غالب اصلی سنگ را پدید آورده است.

این کانی‌ها تا حدی به کلریت تبدیل شده‌اند. از ریزساخت‌های موجود در آمفیبول‌ها که توسط فاز دگرشکل شکنا که آخرین فاز تأثیرگذار در منطقه مورد مطالعه بوده می‌توان به میکروبودین‌شدگی، ریزشکستگی و زون‌های میکروبرشی اشاره کرد. در فضاهای حاصل از ریزشکستگی‌ها و زون‌های میکروبرشی شده کانی‌هایی همچون کلریت و کلسیت تشکیل شده است (شکل‌های ۳۱تا۳۲).

گارنت: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های بزرگ تا متوسط بلور و با ادخال‌های فراوان در متن سنگ دیده می‌شود. برخی از گارنت‌ها دارای میکرومورفولوژی خاصی هستند. در فضای درونی این گارنت‌ها کانی‌های کلریت احتمالاً با زایش متفاوت تشکیل شده‌اند. کلریت به صورت رشته‌ای و تیغه‌ای در فضاهای حاصل از ریزشکستگی‌ها دیده می‌شود (شکل‌های۳۱ تا۳۲).

کلسیت: به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های نسبتاً متوسط تا ریزبلور در فضاهای حاصل از ریزشکستگی و زون‌های ریزخرد شده دیده می‌شود. کانی‌های

کدر به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه‌های متفاوت در متن سنگ پراکنده است. در نتیجه اعمال تنش‌های دینامیکی شکنا، این کانی‌ها شکسته و قطعه قطعه شده‌اند (شکل ۳۲).

۶- نتیجه‌گیری

سنگ‌های منطقه مورد مطالعه با توجه به میزان تنش‌های اعمال شده، به ۶ گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از: آذرین دگرشکل شده، سری میلونیتی، سری کاتاکلاسیتی، دگرگونی ناحیه‌ای، دگرگونی ناحیه‌ای میلونیتی و دگرگونی ناحیه‌ای کاتاکلاسیتی.

سنگ‌های آذرین دگرشکل شده، سنگ‌هایی هستند که تا حدی تحت تأثیر دگرشکلی قرار گرفته‌اند. در این سنگ‌ها کوارتز با خاموشی موجی و پدیده‌های خاص دگرشکلی همراه بوده و فلدسپارها با ماکل‌های دگرشکل شده، پرتیت‌های آتش‌گون و نامنظم، میرمکیت‌های خاص زون‌های برشی و ادخال‌های غیر فعال همراه هستند.

سنگ‌های سری میلونیتی با ویژگی‌های خاصی همچون پورفیروکلاست‌های پوششی، کلاست با سایه واتنش، کلاست عریان و کانی‌های ماهی‌گون همراه هستند. با توجه به این که ریزساخت‌های پیش گفته گویای سوی برش هستند، می‌توان سوی برش را ابتدا چپ‌بر و سپس راست‌بر در نظر گرفت. از کانی‌های ایجادکننده این ریزساخت‌ها می‌توان فلدسپار، گارنت و آلانیت را برشمرد. آرایش ادخال گارنت، تشکیل آن را در طی رخداد دگرگونی پیش از میلونیتی شدن نشان می‌دهد.

سنگ‌های سری کاتاکلاسیتی دارای ریزساخت‌های همچون ریزگسلش، میکروبودین‌شدگی و ریزخردشدگی هستند. وجود کلاست‌های فلدسپار قلیایی با سایه تنش چپ‌بر و راست‌بر بیانگر این است که این کانی‌ها در برخی موارد چرخش اولیه خود را پس از تحمل دگرشکلی میلونیتی دوم با سوی برش راست‌بر حفظ کرده‌اند.

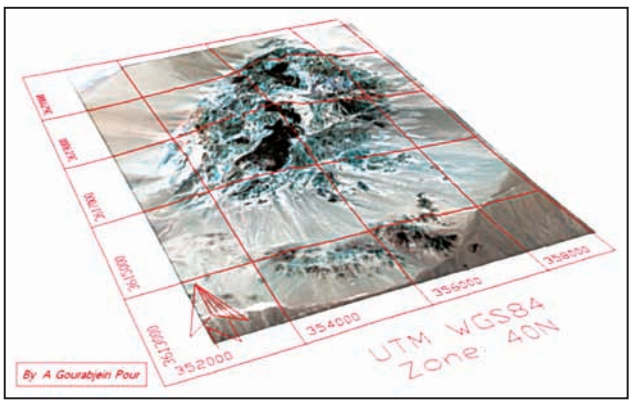
سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای شامل میکاشیست و آمفیبولیت هستند که دو برگ‌وارگی دارند.

در برخی از نمونه‌های سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای نشانه‌هایی از شاخص میلونیتی همچون پورفیروکلاست آمفیبول پوششی نوع سیگما و اپیدوت‌های چرخش یافته دیده می‌شود. در این نمونه‌ها دو سوی برش راست‌بر و چپ‌بر دیده می‌شود.

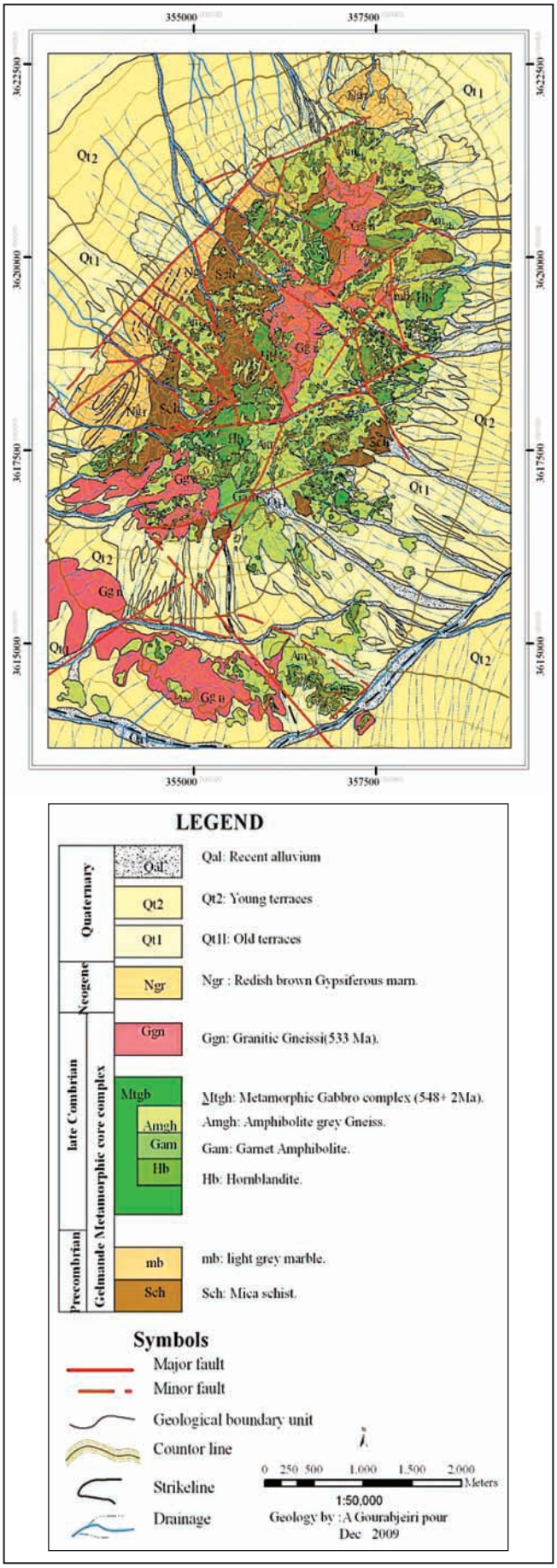
با توجه به دو سوی برش می‌توان سوی برش اولیه را چپ‌بر و سوی برش دوم را راست‌بر در نظر گرفت.

فرایندهای تنشی اعمال شده اغلب پس از تشکیل کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ بوده و در تغییر نوع سنگ مؤثر نبوده‌اند.

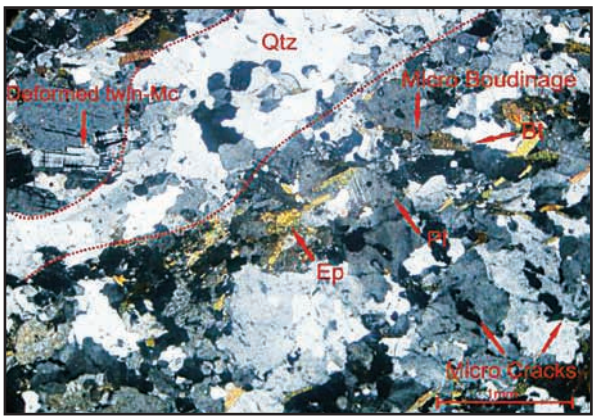
چنین به‌نظر می‌رسد که فرایندهای تنشی در ۲ فاز، پس از دگرگونی اصلی ناحیه در ۲ ± ۵۴۷ میلیون سال پیش و تشکیل سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای، رخ داده است (گورابجیری‌پور، ۱۳۸۹).



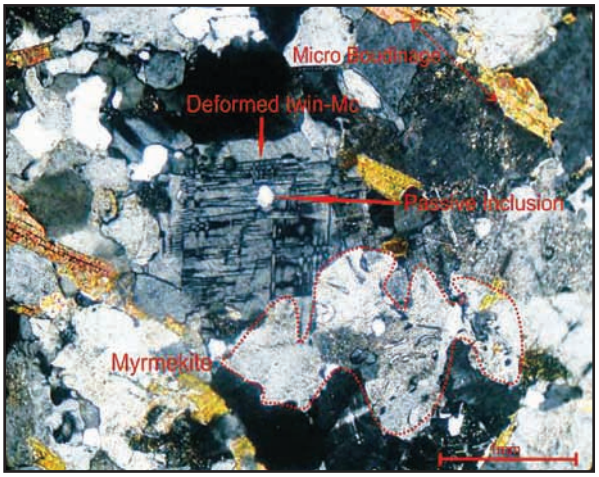
شکل ۱- نمای سه‌بعدی از پشته گلمنده



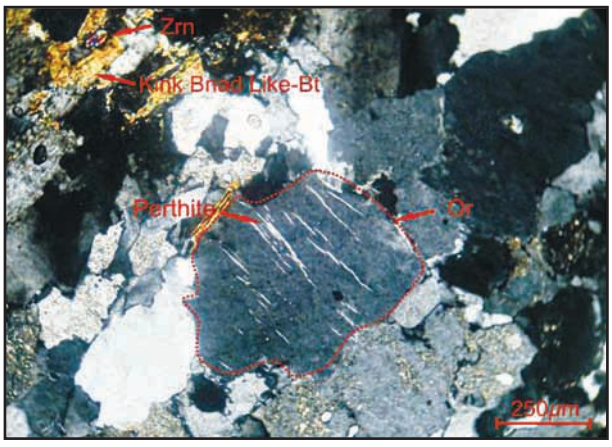
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی گلمنده



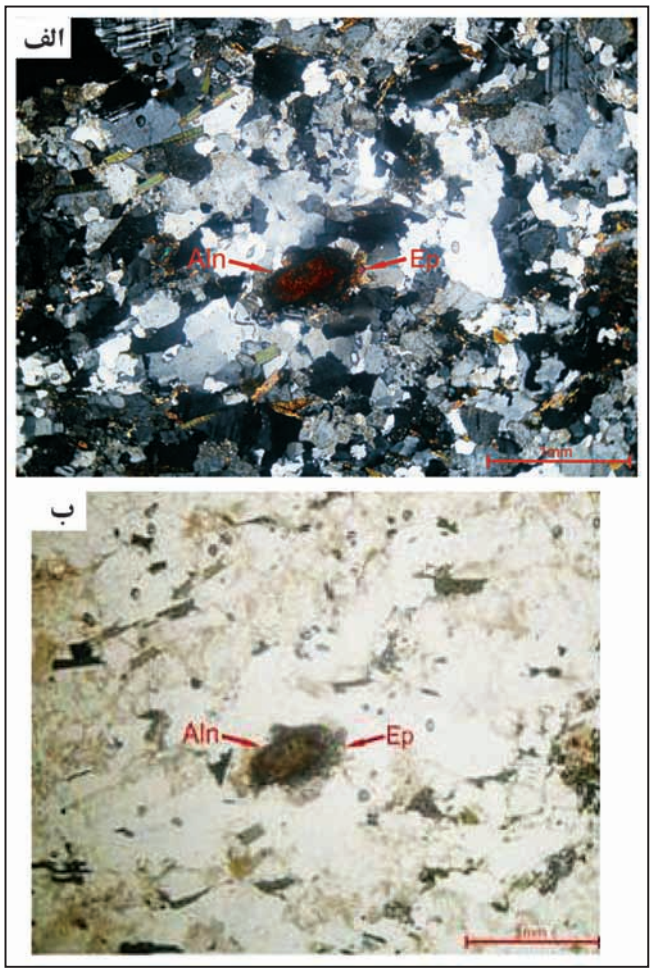
شکل۳- نمایی از کوارتز (محدوده میان نقطه‌چین قرمز) میکروکلین با ماکل مشبک دگرشکل شده، پلاژیوکلاز، میکروبودین‌های بیوتیت و گروه اپیدوت در وضعیت نوری XPL



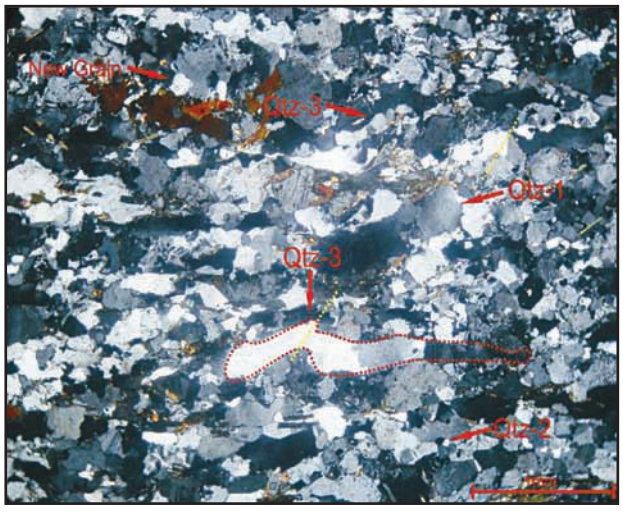
شکل۴- میکروکلین با ماکل مشبک دگرشکل شده و ادخال غیرفعال از جنس کوارتز، میرمکیت حباب‌گون (محدوده میان نقطه‌چین قرمز) و بیوتیت میکروبودین شده در وضعیت نوری XPL



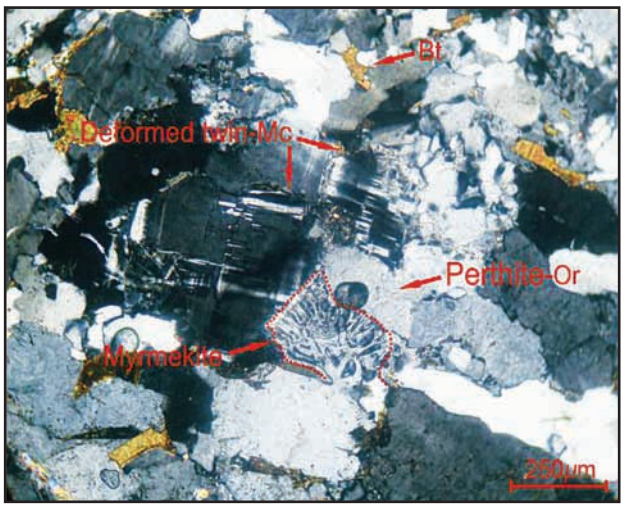
شکل۵- اورتوز با پرتیت موج‌گون نامنظم، بیوتیت تاب برداشته و زیرکن در وضعیت نوری XPL



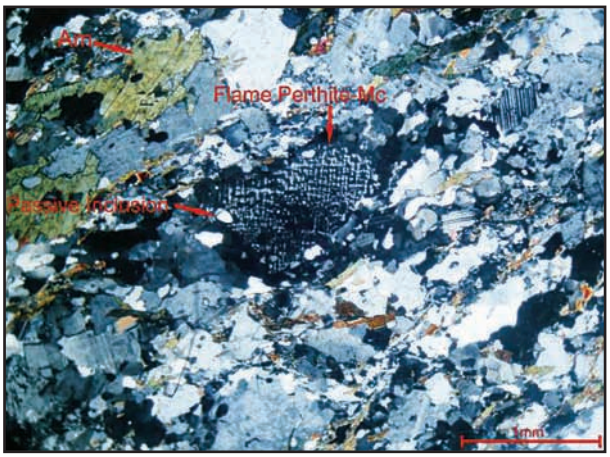
شکل۶- الف) نمایی از آلانیت که در نتیجه اعمال تنش‌های دینامیکی، دچار چرخش شده است. به حاشیه واکنشی توجه شود (در وضعیت نوری XPL) ؛ ب) در وضعیت نوری PPL



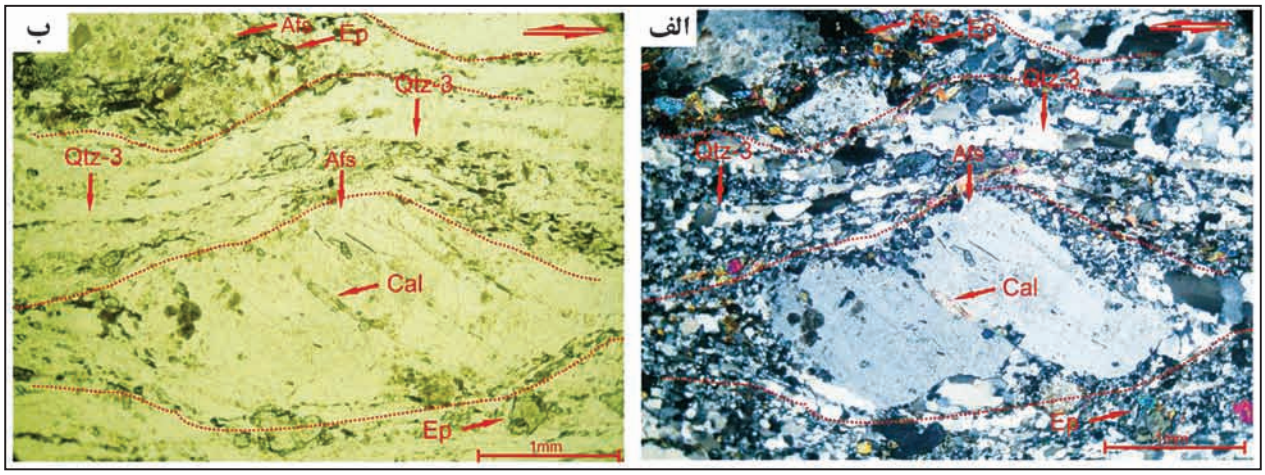
شکل۷- نمایی از گونه‌های متفاوت کوارتز. به کوارتز گونه سوم که دچار چین‌خوردگی شده، توجه شود (نقطه‌چین زرد سطح محوری چین است) در وضعیت نوری XPL



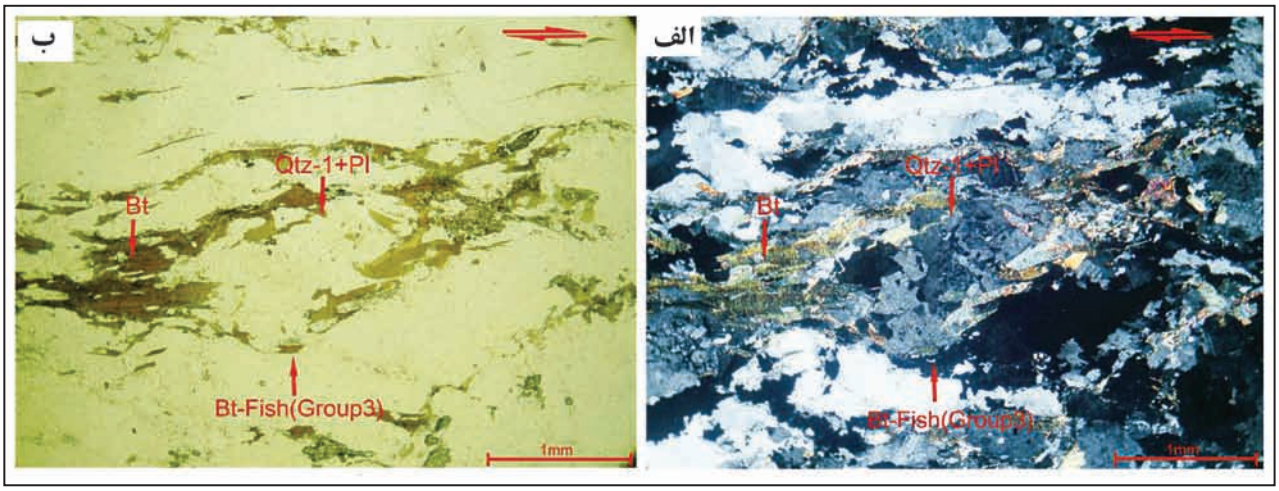
شکل۸ – نمایی از میکروکلین با ماکل دگرشکل شده، اورتوز پرتیتی و میرمکیت در وضعیت نوری XPL



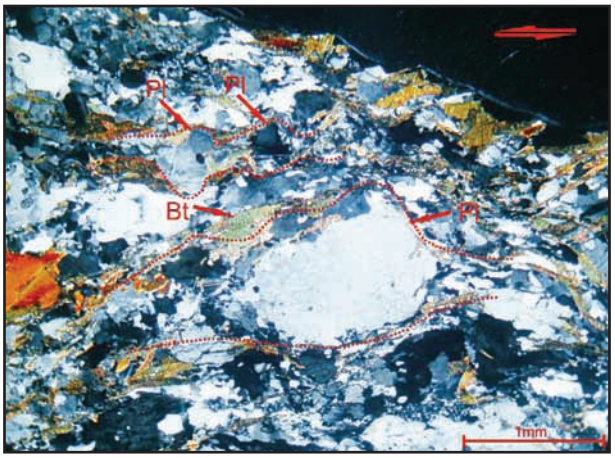
شکل۹– نمایی از میکروکلین پرتیتی با ادخال غیرفعال و پولک آمفیبول در وضعیت نوری XPL



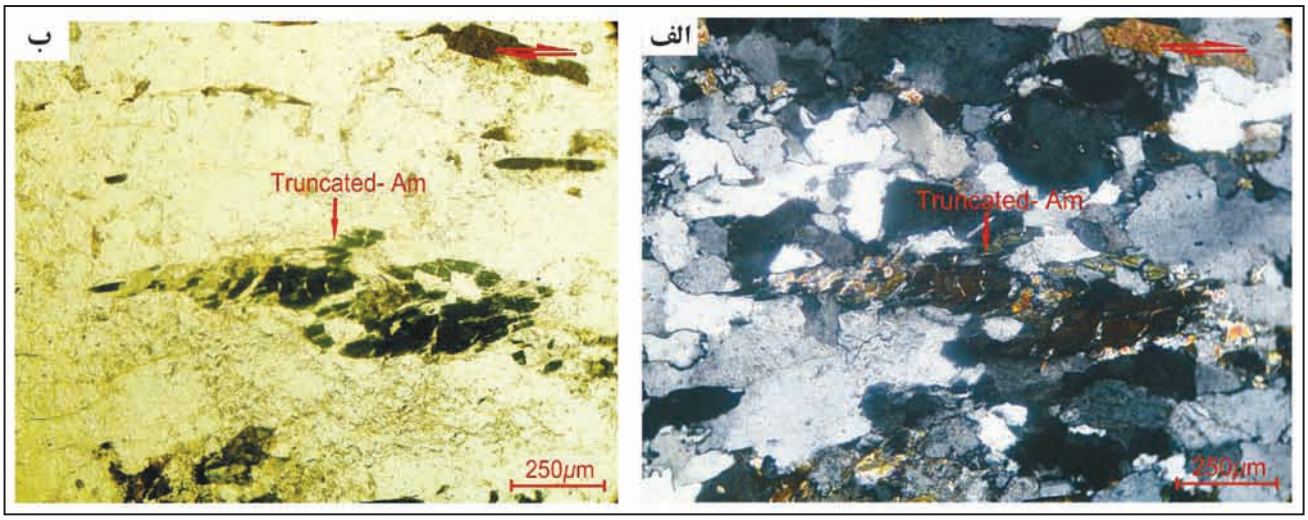
شکل۱۰– الف) نمایی از کوارتز گونه سوم و فلدسپار قلیایی با ریزساخت کلاست و سایه واتنش با سوی برش چپ‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



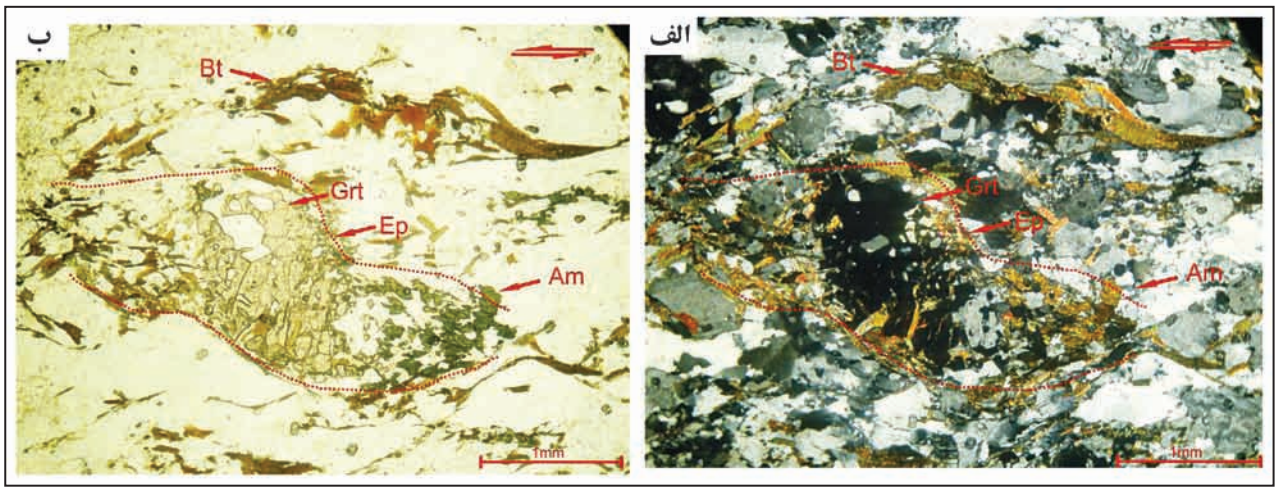
شکل۱۱ – الف) نمایی از کلاست پلاژیوکلاز و کوارتز با سایه واتنش با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL. به بیوتیت ماهی‌گون توجه شود.



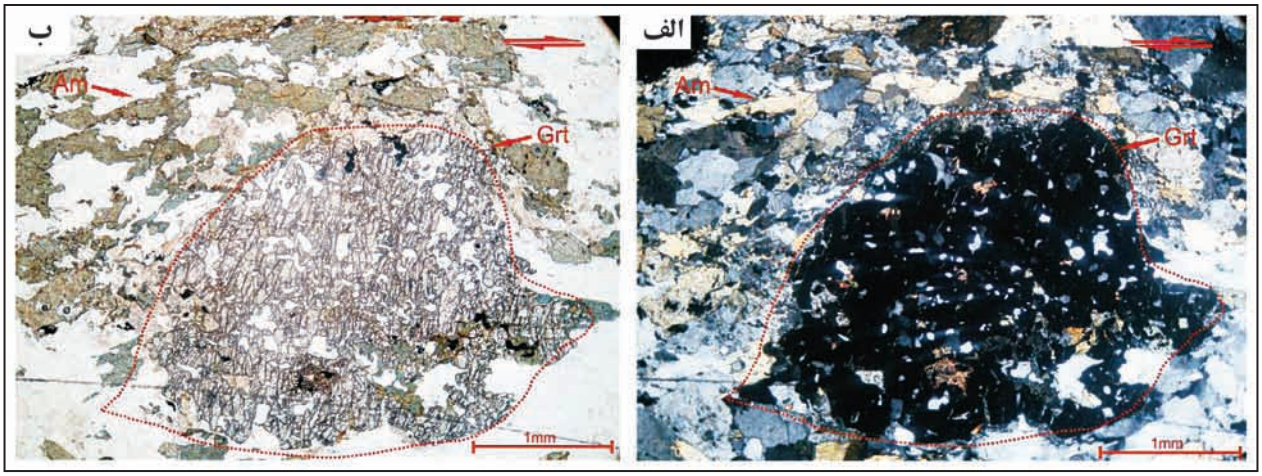
شکل۱۲- نمایی از پورفیروکلاست پوششی سیگما با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL



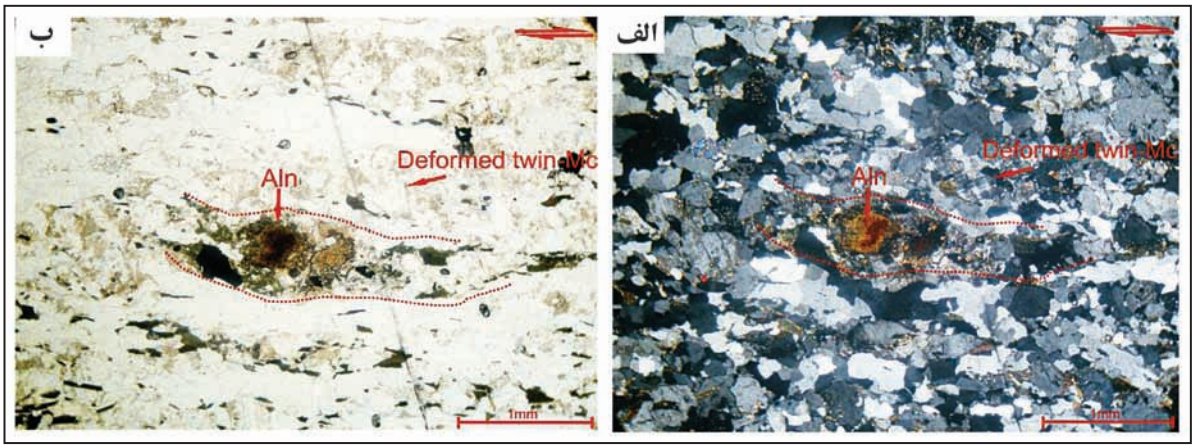
شکل۱۳- الف) نمایی از آمفیبول بریده بریده شده با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



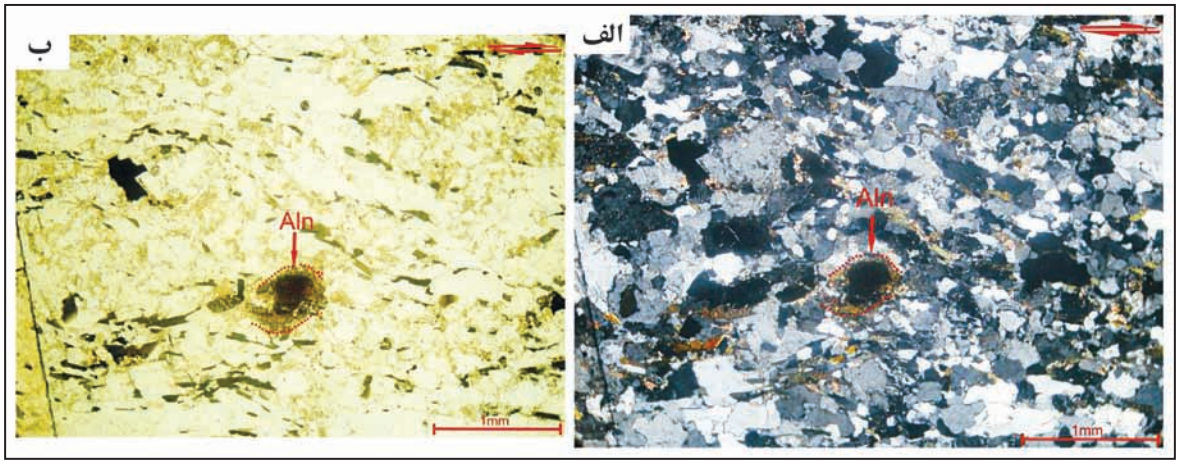
شکل۱۴- الف) نمایی دیگر از کلاست گارنت با سایه واتنش با سوی برش چپ‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



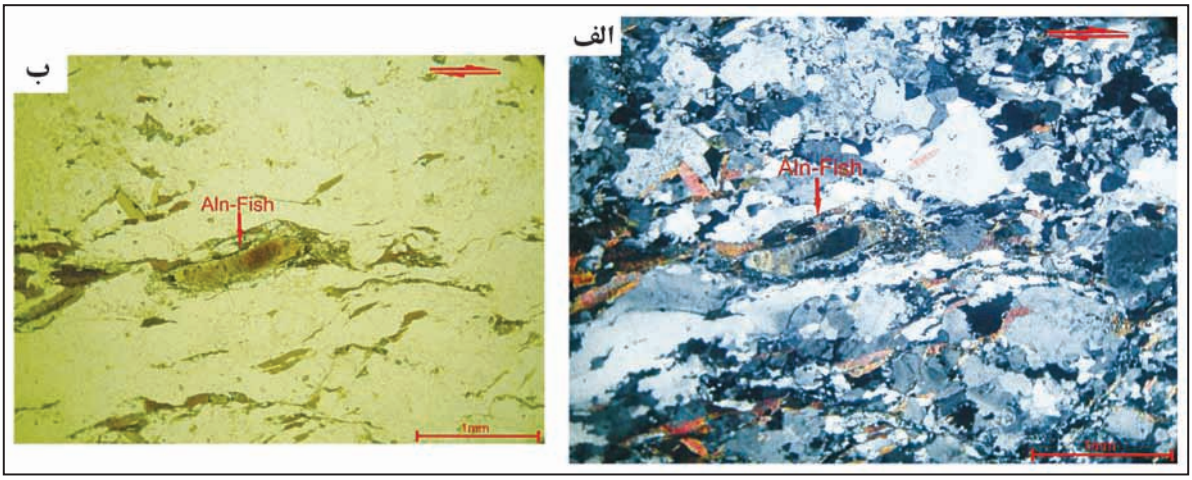
شکل۱۵- الف) نمایی از کلاست گارنت با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



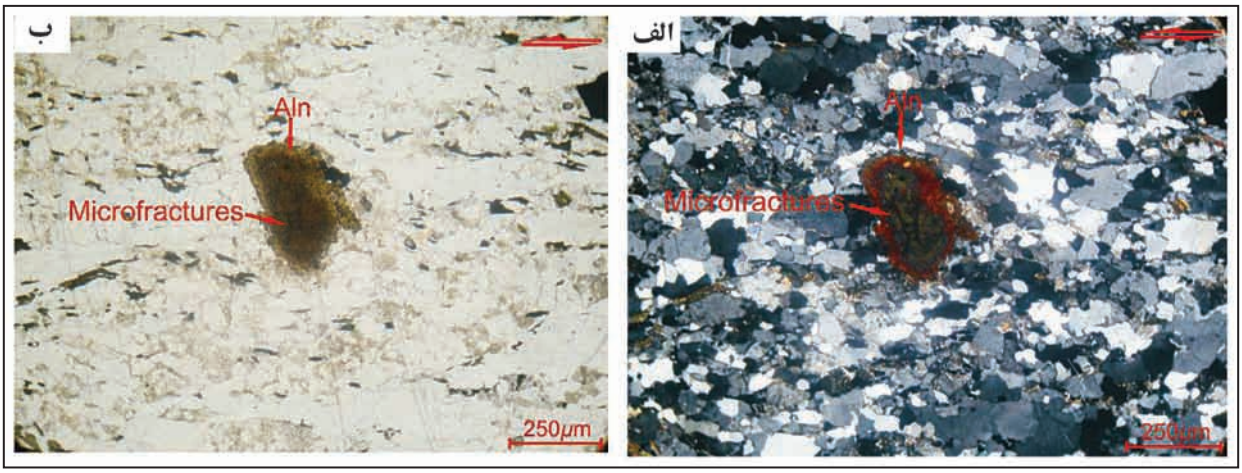
شکل۱۶- الف) نمایی از کلاست آلانیت میکروبودین با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



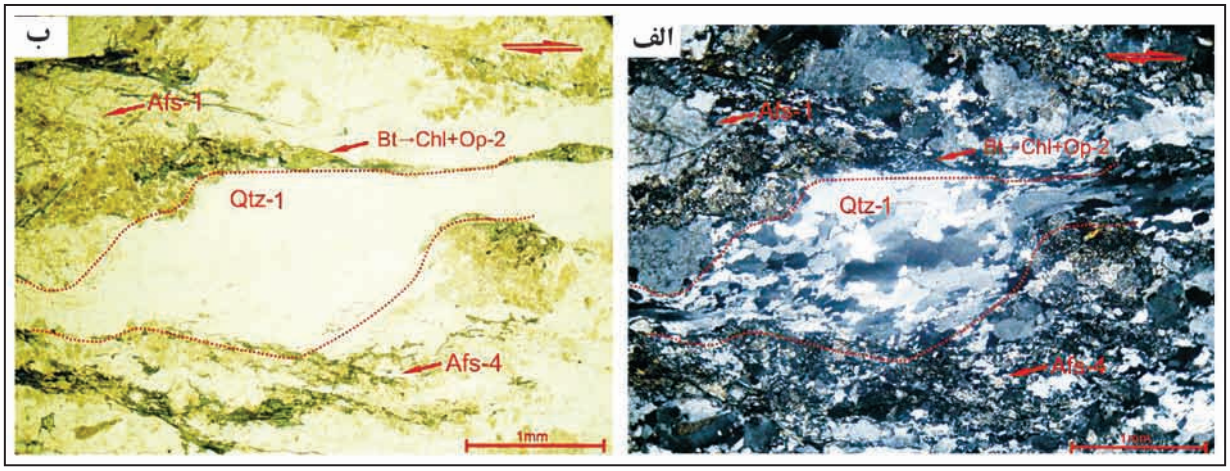
شکل۱۷- الف) نمایی از پوفیروکلاست پوششی آلانیت از نوع سیگما با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



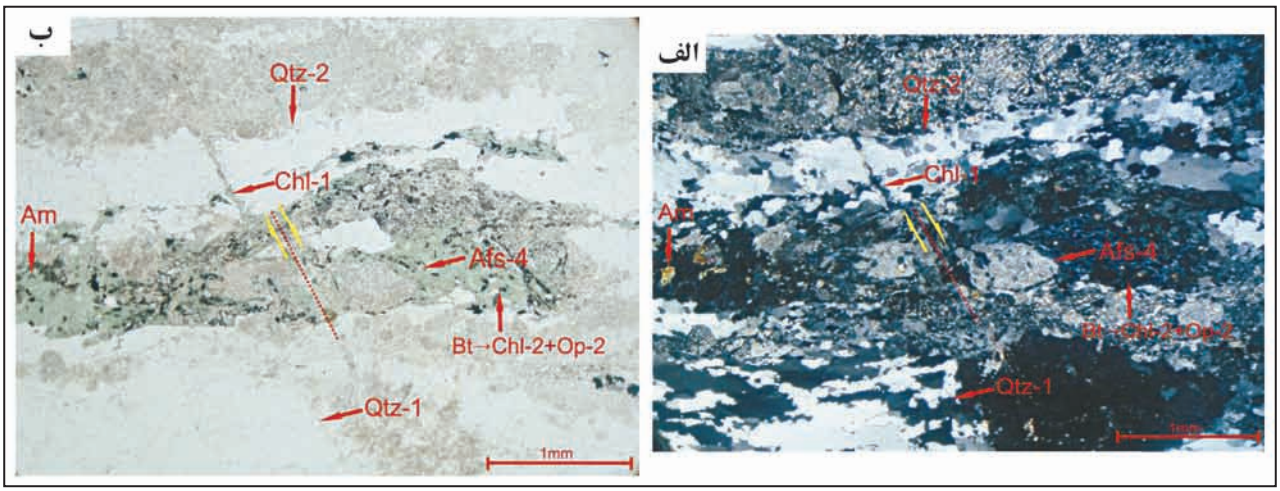
شکل۱۸- الف) نمایی از آلانیت ماهی گون با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



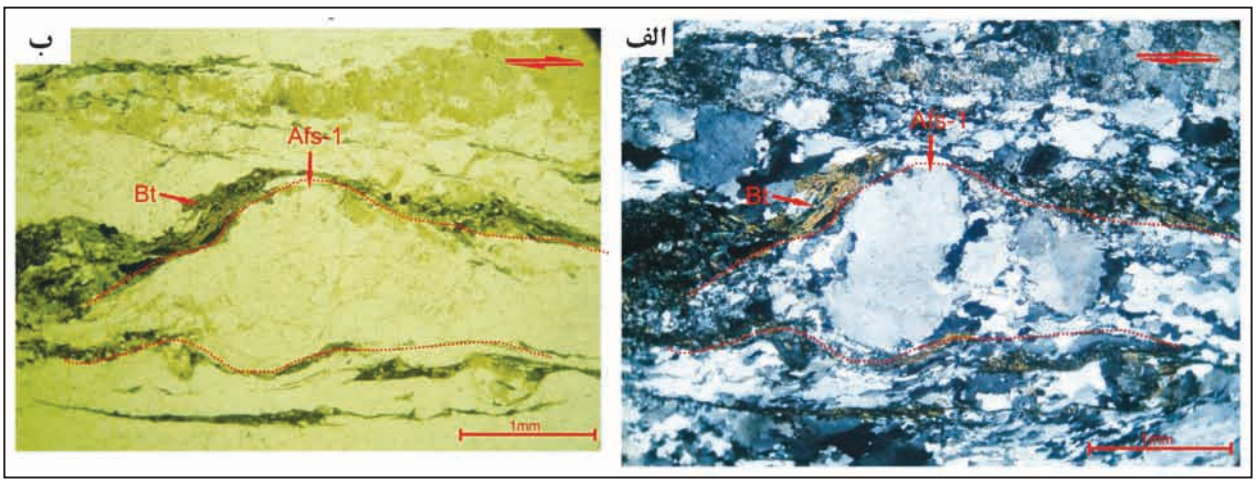
شکل۱۹- الف) نمایی از ریزشکستگی و ریزترک‌ها در پورفیروکلاست آلانیت در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



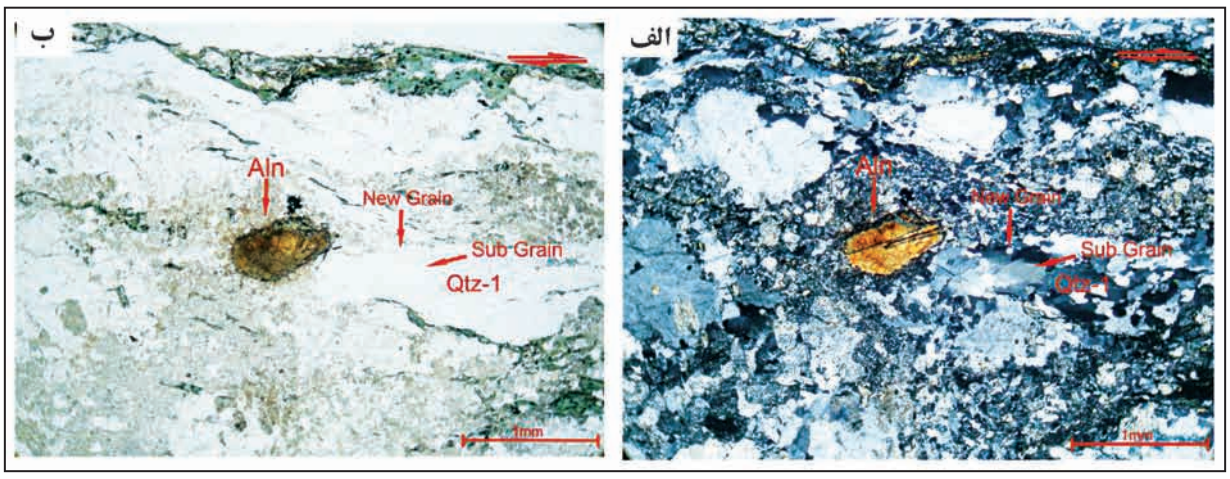
شکل ۲۰- الف) نمایی ازکوارتز گونه اول با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



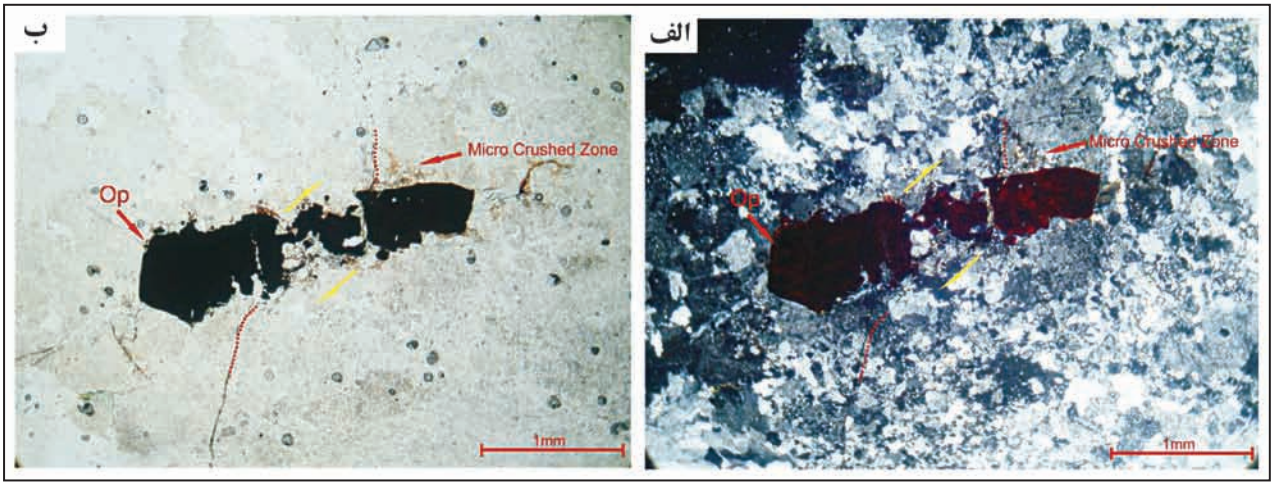
شکل۲۱- الف) نمایی از فلدسپار قلیایی با ریزگسلش با سوی راست‌بر، بیوتیت دگرسان شده و آمفیبول در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL. به زایش‌های متفاوت کلریت توجه شود.



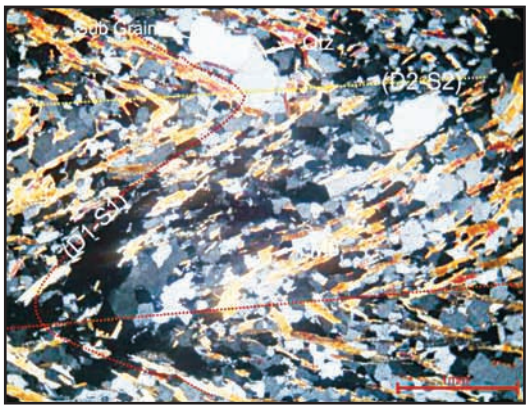
شکل۲۲- الف) نمایی از پورفیروکلاست آلکالی فلدسپار با سایه واتنش از جنس کوارتز با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL. به کلاه واتنش از جنس بیوتیت توجه شود.



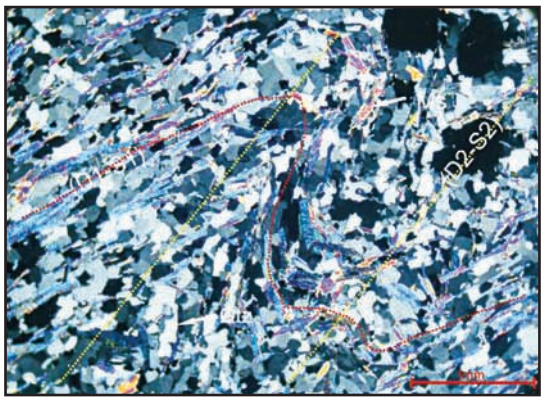
شکل ۲۳-الف) نمایی از کلاست آلانیت با سوی برش راست‌بر و پدیده دانه‌های فرعی و نوظهور در کوارتز در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



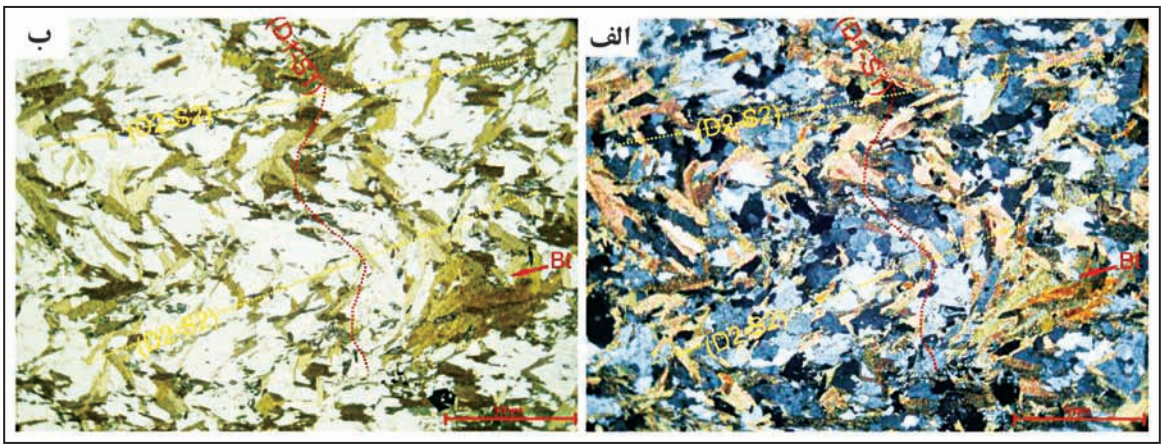
شکل۲۴- الف) نمایی از میکروبودین و ریزخردشدگی کانی کدر در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL. به زون ریزخرد شده توجه شود.



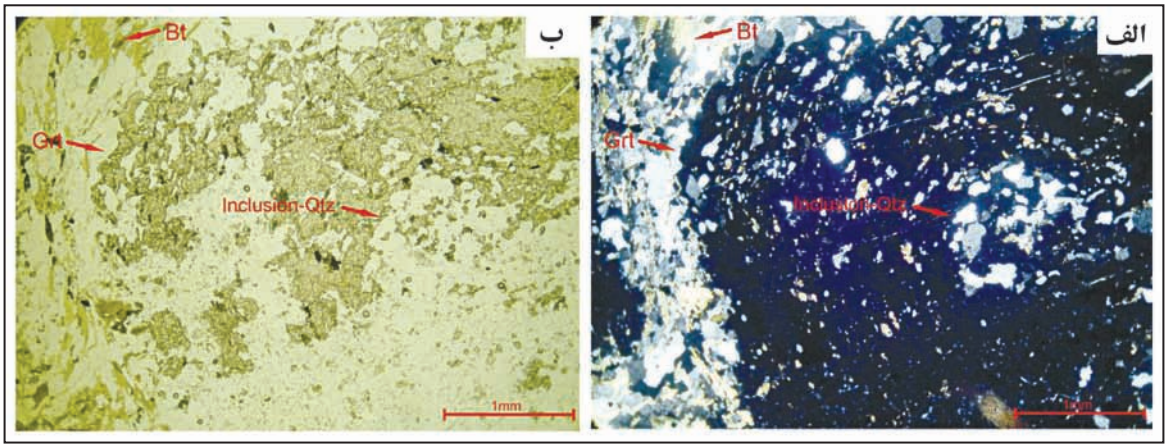
شکل۲۵- نمایی از کوارتز، مسکوویت و برگ‌وارگی S1 و S2 در وضعیت نوری XPL



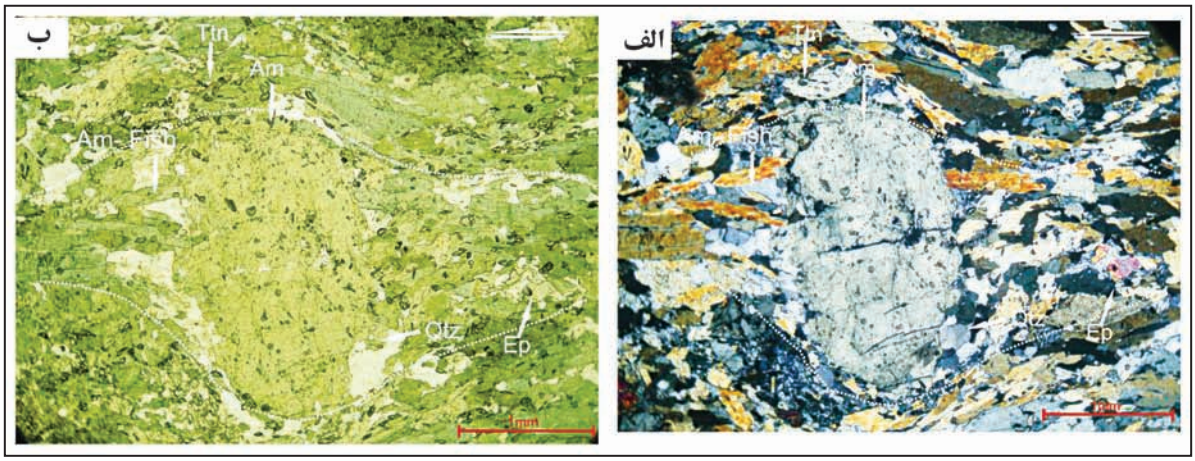
شکل۲۶- نمایی دیگر از برگ‌وارگی S1 و S2 در وضعیت نوری XPL



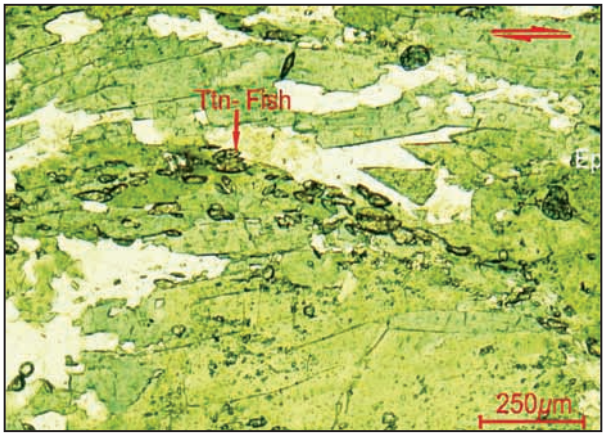
شکل۲۷- الف) نمایی از برگ‌وارگی S1 و S2 در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



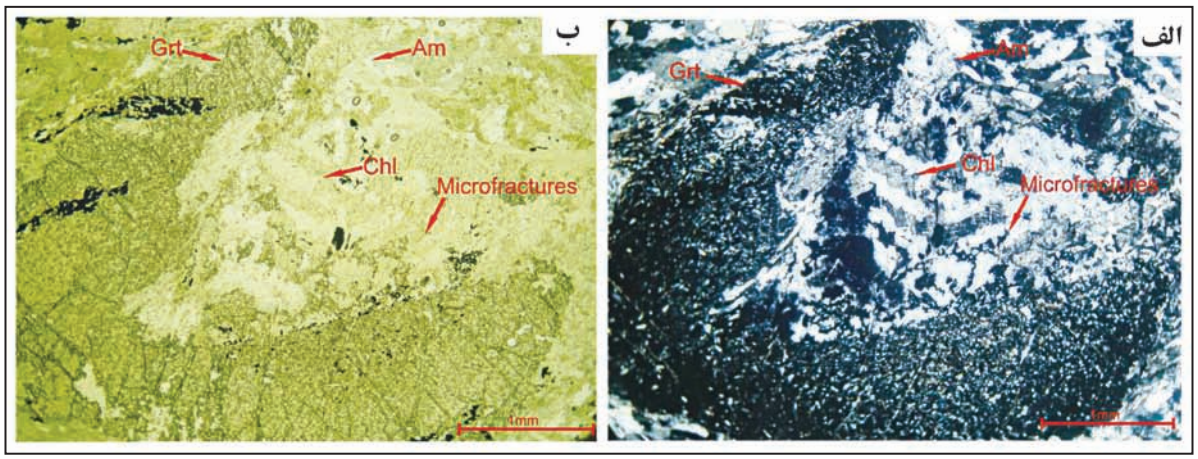
شکل۲۸- الف) نمایی از گارنت با ادخال‌هایی از کوارتز در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL. به بخش انحلال‌یافته توجه شود.



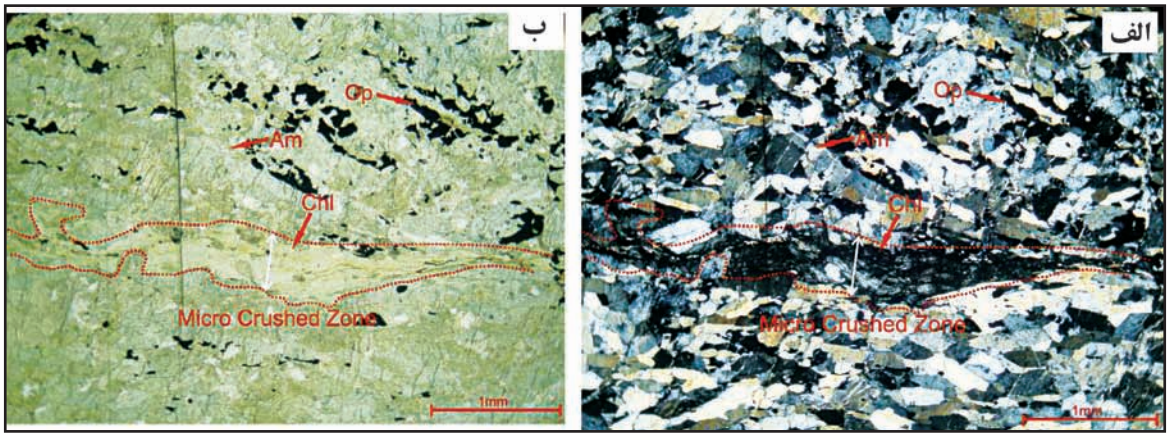
شکل ۲۹- الف) نمایی از کلاست آمفیبول با سایه واتنشی از جنس کوارتز و آمفیبول. به آمفیبول ماهی‌گون توجه شود (وضعیت نوری (XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



شکل ۳۰- نمایی از تیتانیت ماهی‌گون با سوی برش راست‌بر در وضعیت نوری PPL



شکل ۳۱- الف) نمایی از آمفیبول، کلریت و گارنت در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PPL



شکل ۳۲- الف) نمایی از زون ریزخرد شده. آمفیبول قطعه‌قطعه شده در وضعیت نوری XPL؛ ب) در وضعیت نوری PP

کتابنگاری

باباخانی، ا. ر. و مجیدی، ج.، ۱۳۷۴- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ساغند، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

حقی‌پور، ع.، ۱۳۵۵- بررسی‌های زمین‌شناسی ناحیه بیابانک و بافق (ایران مرکزی)، پترولوژی و تکتونیک پی‌سنگ پرکامبرین و پوشش رسوبی آن، سازمان زمین‌شناسی ایران.

گورابجیری‌پور، ا.، ۱۳۸۹- تحولات سنگ‌شناسی- ساختمانی مجموعه دگرگونی بنه‌شورو در پشته گلمنده (ساغند- ایران مرکزی)، پایان‌نامه دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

هوشمندزاده، ع.، ۱۳۶۷- مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی بیابانک- بافق، مجموعه مقالات سمینار توان معدنی استان یزد، وزارت معادن و فلزات، ص:۲۰- ۳۵.

References

Kleemann, U. & Rein hard, J., 1994 -Garnet-biotitic thermometry revisited: the effect of Aland Ti in biotite, P:233-235.

Passchier, C. W. & Trouw, R. A. J., 2005- Microtectonics, Springer verlag 2005, Second edition, 366 p, 322 illus.

Ramezani, J. & Tucker, R., 2003-The Saghand region, central Iran: U-Pb Geochronology, Petrogenesis and Implications for Gondwana tectonics ,St. Louis, Missouri 63130, [American Journal of Science, Vol. 303, Sept, P:622–665Mmm.

Samani, B., 1998- Precambrian metalogenic province in central Iran, AEOI Scientific Bulletin, V17,P:1-16.

Samani, B., Zhyi, G., Xuetao, G. & Chuan, T., 1994- Geology of Precambrian in central Iran, Geosciences journal of the geology survey of Iran V.3 (10), P:40-63.

Winchell, A. & Winchell, H., 1967- Elements of Optical Mineralogy and Introduction to Microscopic petrography, New York, John Willy SSONS, INC, 551P.

Petrography of Gelmandeh Metamorphic Complex with Reference to Microscopic Deformation

A. Gourabjeri Pour [1*] & M. H. Emami [2]

[1] Assistant Professor, Islamic Azad University, Meyaneh Branch, Meyaneh, Iran

[2] Associate Professor, , Islamic Azad University, Islamshahr Branch, Tehran, Iran

Received: 2011 August 14 Accepted: 2012 January 23

Abstract

Gelmandeh Massive is located north-east of Saghand, in Yazd province. From tectonics point of view it belongs to Central Iran, the Kalmard_ Posht-e-Badam Block. The metamorphic complex comprises amphibolites, marble, schist, quartz- feldspatic gneisses. The amphibolites are of three types. Namly: Hornblendite (composed of more than 90% hornblende), Garnet-amphibolites and amphibolitic gneiss. Deformations in Gelmandeh metamorphic complex are reflected in 6 types of rocks: 1-deformed igneous rocks, 2- mylonitic series rocks, 3-cataclastic series rocks, 4-regional metamorphic rocks, 5- mylonitic regional metamorphic, 6-cataclastic regional metamorphic rocks. Conspicuous deformational features comprise: tilted feldspars twining, erratic pertite, mirmecite, porphyroblasts, clasts with strain shadows, and strained & fish structure minerals showing right & left lateral sense.

Keywords: Saghand, Gelmandeh massive, Amphibolite, Petrofabric, Microstructure, Shear stress

For Persian Version see pages 151 to 164

*Corresponding author: A. Gourabjeri Pour; E-mail: a. gourabjeri@yahoo.com