

palaostrees analysis of quartz grains in regional metamorphic rock at east of Hamedan Batolith

M.M. Farah pour, F. Aliyani, S.M.S. Alizadeh Ganji

1- Department of Geology, Lorestan university, Iran

2- Department of Geology, Bu Ali Sina university, Hamadan, Iran

(Received:15 /3/2005, received in revised form: 22/11/2005)

Abstrac:The study area is located in northern part of metamorphic belt of Sanandaj-Sirjan in east of Hamedan Batolith. This area is mainly composed of regional metamorphic rocks, such as staurolith, andalusite, silimanite and garnet bearing mica schists and slates, with nearly NW-SE trend. The age of these rocks (tectonites) are Pre-jurassic and have experienced two stages of deformation during ductile deformation. The first schistosity (S_1) formed at the first phase (D_1). The second phase (D_2) was formed by sided forces where the most of structures have formed by this force. The fabric elements of second schistosity (S_2) and second lineation (L_2) formed in this phase. The subfabric elements of quartz, due to its physicochemical characteristic, was produced at this phase. Quartz grains, first and second schistosity and axes of microfolds all have orthorombic symmetry.

Keywords: *Fabric elements, Schistosity, Lineation, Quartz., Hamedan.*



تعیین دیرین تنش بر اساس دانه‌های کوارتز در میکاشیستهای شرق باتولیت الوند

محمد مهدی فرهپور^۱، فرهاد آلیانی^۲، سید محمد سید علیزاده گنجی^۱

۱- دانشگاه لرستان-دانشکده علوم-گروه زمین‌شناسی

۲- دانشگاه بوعلی سینا-دانشکده علوم-گروه زمین‌شناسی

(دریافت مقاله ۱۳۸۳/۱۲/۲۴، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۴/۹/۱)

چکیده: منطقه مورد مطالعه در شرق باتولیت همدان و در بخش شمالی زون سنندج - سیرجان با کشیدگی و راستای NW-SE قرار دارد. این منطقه بیشتر از سنگهای دگرگون ناحیه‌ای (انواع میکاشیستهای حاوی پورفیروبل‌های استارولیت، آندالوزیت، سیلیمانیت، گارنت و اسلیت) با راستای تقریبی شمال غربی - جنوب شرقی تشکیل شده است. سن این مجموعه (تکتونیتها) مربوط به پیش از ژوراسیک است که در دو مرحله دچار دگرشکلی پلاستیک شده‌اند. عنصر بافتی شیستوزیته اولیه (S_1) به صورت همگن روی طبقه بندی تهنشستی در کل منطقه در فاز اول دگرشکلی (D_1) تشکیل شده است. فاز دوم تحت تأثیر نیروی جانبی بوده و بیشتر ساختارهای کنونی منطقه در این فاز تشکیل شده‌اند. عنصرهای بافتی شیستوزیته ثانویه (S_2) و خطواره ثانویه (L_2) در این مرحله تشکیل شده است. عنصر زیر بافتی کوارتز با توجه به خواص فیزیکوشیمیایی خاص خود دوباره در فاز دوم سمتگیری یافته است. همه دانه‌های کوارتز، شیستوزیته اولیه و ثانویه و محور ریز چینها دارای تقارن بافتی راستگوشه هستند.

واژه‌های کلیدی: عناصر بافتی، شیستوزیته، خطواره، کوارتز، همدان.

مقدمه

چگونگی دگرشکلی این منطقه اولین بار توسط بربریان و علوی (۱۹۷۷) بررسی شد. در این پژوهش تغییر شکل ایجاد شده در منطقه به دو فاز نسبت داده شده است. به نحوی که در فاز اول بر اثر چین‌خوردگی طبقه‌بندی تهنشستی برگواره اولیه (S_1) شکل گرفته و در فاز دوم در اثر چین‌خوردگی دوباره، برگواره ثانویه (S_2) و خطواره غالب (L_2) موجود در منطقه شکل گرفته است.

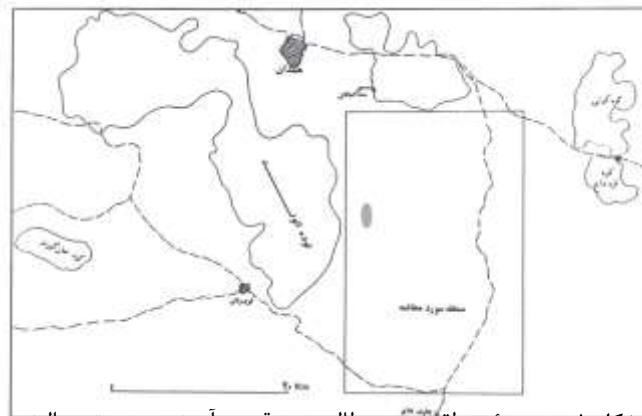
آخرین مطالعه ساختاری روی بخشی از تکتونایت‌های محدوده مورد مطالعه توسط نوزعیم (۱۳۸۲) انجام شد. در این بررسی ۵ برگواره S_0, S^*, S_1, S_2, S_3 و S_4 حاصل از تأثیر چهار فاز دگرشکلی D_1, D_2, D_3 و D_4 تشخیص داده شده‌اند. به نحوی که S_0 و S^* موازی و هم شیب بوده و S^* بر اثر دگرگونی ایستایی ایجاد شده است. برگواره‌های S_1 و S_2 به ترتیب در قویترین فازهای دگرشکلی D_1 و D_2 ایجاد شده‌اند و برگواره بعدی در فازهای D_3 و D_4 بر اثر تشکیل ساختهای شکنجی به وجود آمده‌اند.

در این مقاله سعی شد تا با استفاده از دگرشکلیهای ایجاد شده در دانه‌های کوارتز که همراه با دو دگرشکلی مهم در منطقه صورت گرفته است، شیوه دگرشکلی و سمت و سو تنشهای اصلی مؤثر در منطقه در حین دگرشکلی معین شود. با توجه به اینکه شرایط تأثیر فازهای مؤثر بر منطقه پس از فاز دوم در حدی نبود که باعث تبلور دوباره یعنی دگرگونی در منطقه شود و فقط موجب ساختهای تازه روی ساختهای قبلی در شرایط ناپلاستیک شد، لذا از بحث و بررسی عناصر بافتی حاصل از آنها در این مقاله چشم پوشی شده است. این فازها چنانکه که نوزعیم هم اشاره کرده است با ایجاد ساختهای شکنجی (kink bound) همراه بوده است.

برای تحلیل دانه‌های کوارتز در منطقه و تعیین ارتباط تبلور آنها با تنش، عناصر بافتی صفحه‌ای و خطی موجود در منطقه نیز بررسی شدند. برای این منظور ضمن اندازه‌گیریهای صحرائی با توجه به چگونگی عناصر بافتی صفحه‌ای و خطی، از مکانهای مختلف نمونه‌هایی با سمتگیرهای متفاوت انتخاب و مقاطعی از آنها گرفته شدند. اساس مطالعات میکروسکوپی تعیین روند و میل محور نوری دانه‌های کوارتز با استفاده از میز فدروف بوده است. بدین منظور پس از تهیه مقطع نازک از آن نمونه‌ها، با استفاده از میز فدروف (universal stage) که می‌توان مقاطع را به صورت سه بعدی در زیر میکروسکوپ چرخاند، با قرار دادن محور نوری دانه‌های کوارتز در راستای محور نوری میکروسکوپ، راستا و میل محور نوری دانه‌های کوارتز را اندازه‌گیری شدند [۹].

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی همدان (شرق باتولیت الوند) و در بخش شمالی زون سنج - سیرجان قرار دارد (شکل ۱). سنگهای موجود در این منطقه شامل انواع



شکل ۱ محدوده منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن نسبت به توده الوند.

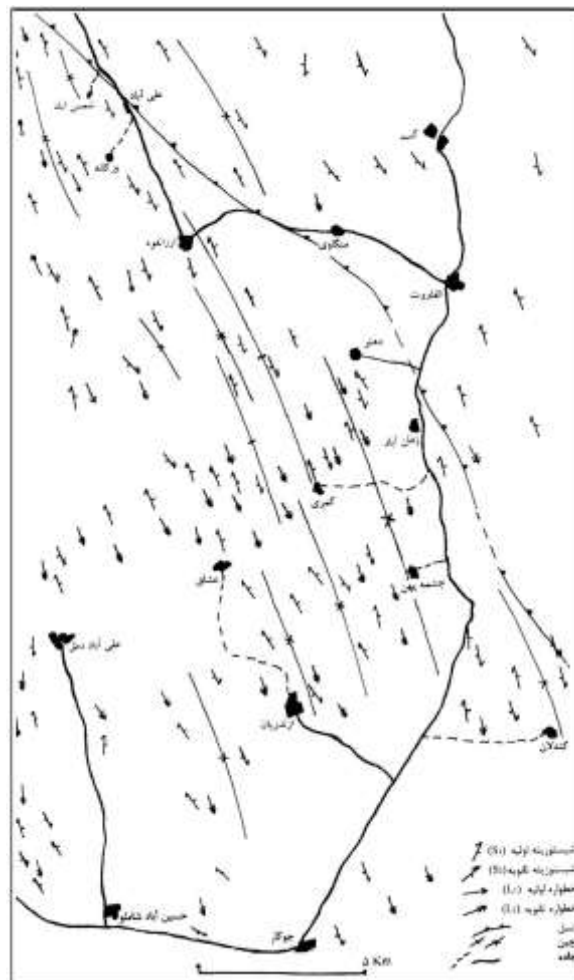
میکاشیستهای حاوی پورفیروبلاستهای استارولیت، آندالوزیت، گارنت، اسلیت هستند. سن سنگ منشأ این مجموعه را به پیش از ژوراسیک نسبت داده‌اند (سبزه‌بی) که طی فاز سیمین پیشین (early cimerian) دستخوش اولین دگرشکلی و دگرگونی (D_1) شده است، و در اواخر کرتاسه تحت تأثیر دومین فاز دگرشکلی و دگرگونی (D_2) قرار گرفته‌اند. میکاشیستهای منطقه به صورت نواری تقریباً با روند شمال غربی - جنوب شرقی در شرق توده نفوذی و هاله دگرگونی آن گسترش دارند. انواع میکاشیستها و اسلیتها با یکدیگر مرز تدریجی دارند. بیشتر میکاشیستها از کانیه‌های اصلی کوارتز، مسکویت، بیوتیت، پورفیروبلاستهای استارولیت، آندالوزیت، و گارنت تشکیل شده‌اند.

ساختار ماکروسکوپی موجود در منطقه عبارتند از چینهایی که در راستای شمال غربی - جنوب شرقی به صورت تاقدیس - ناودیسهای رشته‌ای و میل دو سویه قرار دارند. تنها گسل اصلی موجود در منطقه، گسل راندگی بین اسلیتها و میکاشیستها با راستای تقریبی N135 است (به دلیل قابل مشاهده نبودن صفحه گسل در سطح، مشخصات آن قابل اندازه‌گیری نبود و فقط شواهد و نحوه عملکرد آن یعنی کوتاه شدن و حذف بخشهایی از میکاشیستها، مجاورت میکاشیستهای آندالوزیت‌دار با اسلیتها، قابل بررسی است) که با راندن اسلیتها بر روی میکاشیستها به سمت جنوب غربی موجب کوتاه شدن در شمال و شرق منطقه شده است.

تحلیل ساختاری عناصر بافتی منطقه

مجموعه سنگهای دگرگون یا تکتونیت‌های (tectonites) منطقه دارای عناصر بافتی صفحه‌ای و خطی یعنی شیستوزیته اولیه و ثانویه (S_1 و S_2)، و خطواره‌های اولیه و ثانویه (L_1 و L_2) هستند. این تکتونایتها بر اساس عنصرهای بافتی S_1 ، S_2 و L_2 همگن و L_1 ناهمگن ساخته شده‌اند که از جمله زیر عنصرهای با فازهای دگرشکلی توصیف می‌شوند. برگواره اولیه در سنگهای دگرگون منطقه که بر اثر فاز D_1 ایجاد شده با توجه به درجه دگرگونی به دو نوع رخ

اسلیتی (slaty cleavage) و شیستوزیته (schistosity) تقسیم می شود. رخ اسلیتی در سنگهای دگرگون درجه پایین مانند اسلیت‌ها حاصل سمتگیری میکا با باز تبلور ضعیف است. میکاشیست‌ها در باز تبلور به طور کامل صورت گرفته است. این برگواره طی D_2 چین خورده و یال چینهای ماکروسکپی را تشکیل می دهد به نحوی که شیب و راستای میانگین یالهای چین آن $N153/56NE$ و $N318/30SW$ است. هر یک از این میانگینها به ترتیب به یالهای شمالی و جنوبی چینهای ماکروسکپی مربوط می شود (شکل ۲). در این فاز خطواره‌ای نیز (L_1) تشکیل شده که حاصل لولای ریزچینهایی با طول کمتر از ۵ سانتیمتر و دامنه‌ای با طول موج کمتر از ۲میلیمتر و نیز سایه فشار ایجاد شده در حاشیه پورفیروبل‌های گارنتها در فاز D_1 هستند. L_1 بافتی نافراگیر بوده و چنانکه شکل ۲ نشان می‌دهد، بیشتر در ناحیه شمال غربی و شرق منطقه تشکیل شده است.



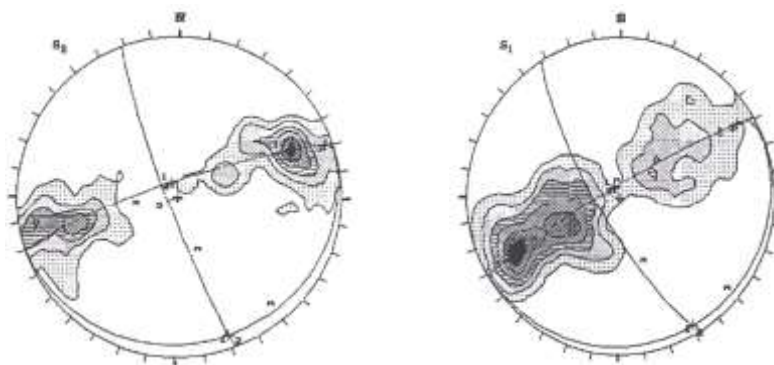
شکل ۲ نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه.

برگواره بعدی که در نتیجه چین خوردگی S_1 طی فاز D_2 به وجود آمده رخ کنگره‌ای (crenulation cleavage) است که رخ سطح محوری (S_2) نیز نامیده می‌شود. سطوح S_2 نسبت به سطح محوری چینهای ماکروسکوپی به صورت مخروطی [۶] دارای شیب و امتداد میانگین $N334/64SW$ و $N164/61NE$ هستند (شکل ۳).

خطواره‌های ثانویه خطواره‌هایی هستند که در فاز D_2 تشکیل و به شکلهای مختلفی ایجاد شده‌اند که عبارتند از: خطواره کنگره‌ای (crenulation lineation): این نوع خطواره حاصل لولای ریزچینهای ایجاد شده در فاز دوم اند ($B_{S_1}^{S_2}$). یعنی در فاز D_2 همراه با تشکیل چینهای ماکروسکوپی، لولای ریز چینهای S ، Z ، و M شکل که روی بخشهای مختلف چینهای ماکروسکوپی تشکیل شده‌اند دارای سمتگیری تقریباً یکسان بوده که منجر به تشکیل خطواره L_2 در سطح S_1 شده است. راستا و میل اصلی این خطواره $N157/17SE$ است (شکل ۴) که تغییر راستای آن در بخش میانی منطقه (شکل ۱) به دلیل وجود گنبدی است که در زیر این منطقه وجود دارد [۳].

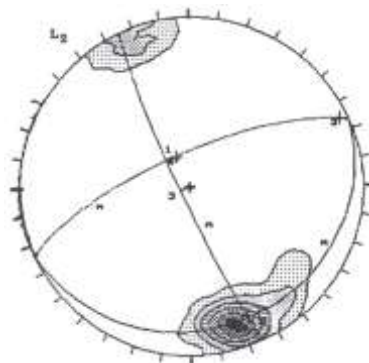
خطواره تقاطعی (intersect lineation) مهمترین خطواره تقاطعی موجود در منطقه، خطواره حاصل از تقاطع دو صفحه S_1 و S_2 است (S_2 مربوط به سطح محوری چینهای مزوسکوپی ایجاد شده در فاز دوم با طول موج بین ۵ تا ۶۰ سانتیمتر است). محل تلاقی S_2 و S_1 بر L_2 منطبق بوده و در برخی بخشها بر اثر چیرگی S_2 بر S_1 محور این ریزچینها به صورت درز ظاهر می‌شود.

خطواره کانی: اکثر پورفیروبلاستهای آندالوزیت موازی یا نیمه موازی با راستای محور ریز چینهای فاز دوم قرار گرفته‌اند و در سطح S_1 خطواره ساخته‌اند. بیشتر سمتگیری این پورفیروبلاستها $N165$ است.



شکل ۳ نمودار پربندی شیستوزیته اولیه شکل ۴ نمودار پربندی شیستوزیته ثانویه
($N318/30SW$ و $N153/56NE$) ($N154/64SW$ و $N164/61NE$).

چینه‌های فاز دوم در دو مقیاس مزوسکوپی و ماکروسکوپی تشکیل شده‌اند. چینه‌های ماکروسکوپی به صورت چند تاقدیس - ناودیس پی در پی و از نوع طولی (longitudinal) هستند. سطح محوری چینه‌ها تخت و با میانگین شیب و راستای N148/74SW و محوری موازی با خطواره کنگره‌ای دارند (S_2) از سطح محوری ریزچینه‌های فاز D_2 تشکیل شده و بر هم منطبقند. چینه‌های مزوسکوپی روی یال (Z و S شکل) و لولای (M یا W شکل) چینه‌های ماکروسکوپی تشکیل شده‌اند (شکل ۶). چگونگی و اندازه این چینه‌ها به مقاومت سنگی که در آن تشکیل شده است بستگی دارد. در سنگهایی که ضخامت نوارهای کوارتزی کمتر است ریزچینه‌ها همسان و با ابعادی در حد چند میلیمتر تا چند سانتیمتر و در سنگهایی که میزان نوارهای کوارتزی زیادتر است (وجود نوارهای کوارتزی به سنگ منشأ اولیه آن بستگی دارد به نحوی که اگر لایه اولیه از کانیه‌های رسی فقیر باشد بر اثر دگرگونی نوارهای کوارتزی ایجاد می‌شود. نوارهای کوارتزی ممکن است بر اثر تفریق دگرگونی تحت تأثیر تنش نیز تشکیل شوند). ریزچینه‌ها موازی و نهایتاً به صورت چین جناغی (chevron fold) با ابعادی در حد چند سانتیمتر هستند. میل ریزچینه‌ها بر روی یال چینه‌های بزرگ مقیاس به دو صورت همسو ساعتگرد و ناهمسو پادساعتگردند.



شکل ۵ نمودار پربندی خطواره ثانویه (N157/17SE).



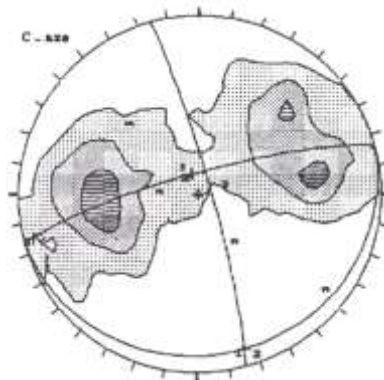
شکل ۶ تصویری از نمونه کلی انواع ریزچینه‌ها در یال چینه‌های ماکروسکوپی.

توصیف میکروسکوپی

کانی اصلی تشکیل دهنده میکاشیستها، میکاها (مسکوویت، بیوتیت) و کوارتز است. سایر کانیه‌ها خصوصاً پورفیروبلاستها (استاروتیت، آندالوزیت و گارنت) نیز متناسب با شرایط دگرگونی و با درصدی پایین‌تر وجود دارند. بلورهای صفحه‌ای شکل میکاها عامل اصلی در تشکیل سطوح S بوده و بیشتر در نوارهای میکایی و به مقدار خیلی کمتری در نوارهای کوارتزی وجود دارند. خاموشی هماهنگ بین میکاها نسبت به S_1 و S_2 نشان می‌دهد که هم از نظر شبکه بلوری و هم از نظر شکل بلور سمتگیری ترجیحی دارند [۲].

دانه‌های کوارتز، کانی اصلی تشکیل دهنده نوارهای نامیکایی در اسلیت‌ها و خصوصاً در میکاشیست‌های منطقه است. در میکاشیست‌ها بیشتر دانه‌های کوارتز هم در نوارهای کوارتزی و هم در نوارهای میکایی به صورت تخت و موازی با سطوح رخ میکاها هستند. این شکل‌گیری نشانگر رشد دانه‌های کوارتز تحت تنش بوده و زاویه خاموشی هماهنگ بین دانه‌ها نشان دهنده وجود سمتگیری ترجیحی آنهاست. علاوه بر نوارهای کوارتزی، دانه‌های کوارتز در رگه‌های کوارتزی چین خورده و بودینه‌های کوارتزی موجود در میکاشیست‌ها وجود دارند. کانی کوارتز تشکیل دهنده این رگه‌ها و بودینه‌ها در طول فرایند دگرگونی با توجه به ساز و کار چین-خوردگی و پدیده انحلال فشاری به وجود آمده‌اند. دانه‌های کوارتز این ساختارها در فرایند تأثیر تنش متبلور شده‌اند، بنابراین بررسی محور نوری دانه‌های کوارتز به عنوان یک عنصر زیر بافتی، یکی از عناصر قابل اطمینان در تعیین چگونگی تنش منطقه است.

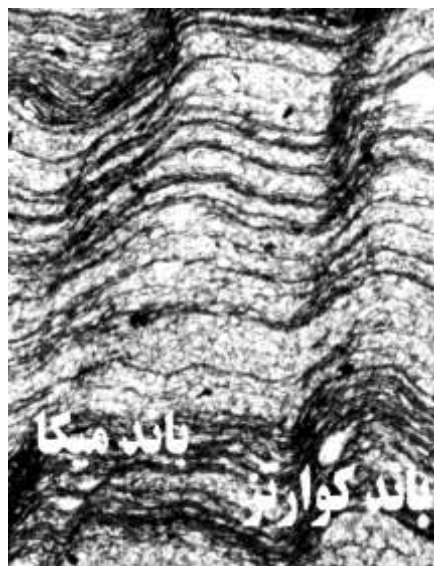
در این پژوهش محور نوری بیش از ۱۶۰۰ دانه کوارتز در مقاطع میکروسکوپی تهیه شده از نمونه‌هایی که به طور یکنواخت در سرتاسر منطقه پراکنده شده بودند، اندازه‌گیری شدند و با تهیه نمودار پربندی و تحلیل آن با عناصر بافتی دیگر منطقه نتایج جالب توجهی به دست آمد (شکل ۷). چنانکه شکل نشان می‌دهد، این نمودار دارای سه سطح تقارن (تقارن راستگوشه) است که هر یک از این سطوح تقارن را می‌توان به عنوان یکی از سطوح اصلی تنش در نظر گرفت.



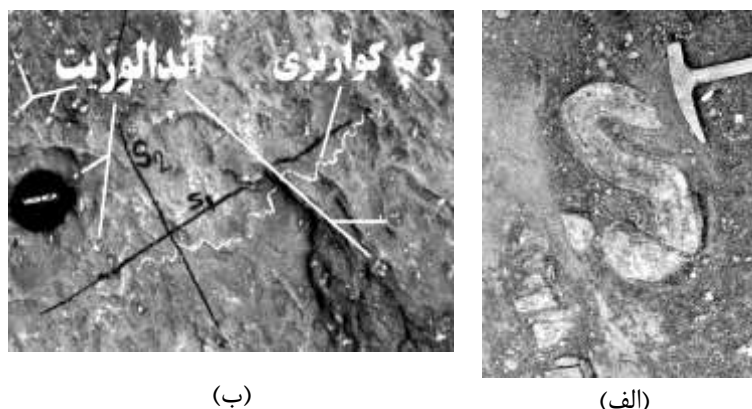
شکل ۷ نمودار پربندی محور نوری دانه‌های کوارتز (N75/40 و N260/55).

تحلیل جنبشی عناصر بافتی

در فرایند دگرگونی و بدنبال آن پیشرفت دگرشکلی دانه‌های کوارتز و صفحه‌های میکا که در آغاز بدون سمتگیری هستند در نتیجه افزایش کرنش به صورت منفعل و غالباً فعال می‌چرخند تا اینکه سمتگیری ترجیحی پیدا کنند - در دماهای بالاتر چرخش همراه با باز تبلور است. همراه با سمتگیری میکاها به دلیل افزایش خواص روانه‌شناسی (rheology) و کرنش در بین دانه‌های سیلیسی و کانیه‌ای صفحه‌ای [۲ و ۹] دانه‌های کوارتز در بین میکاها حل شده و در نوارهای جداگانه‌ای متبلور شده‌اند (شکل ۸). در بخشهای عمیق‌تر که درجه دگرگونی بالاتر است سیلیس حاصل از انحلال فشاری برخی از ترکهای کششی حاصل از تنش برشی را پر کرده و در نتیجه تداوم تدریجی لغزش و تغییر شکل، از ترکهای کششی ساختهای S شکل بوجود آمده است (شکل ۹-الف). پس از مراحل اولیه تشکیل چینهای ماکروسکوپی روی یالهای آنها لایه‌ها روی یکدیگر شروع به لغزش کرده و تنش برشی ایجاد شده است. همراه با این لغزش ریزچینهای همراه تشکیل و رفته رفته با افزایش میزان کوتاه شدن به ویژه در منطقه لولا و در نتیجه افزایش میزان جابجایی در روی یالها، چینهای نامتقارن، بسته تر و رخ کنگره‌ای (S_2) مشخص تر شده است. همراه با لغزش سطوح S_1 بر روی هم و تشکیل ریزچینها، بلورهای طولیل آندالوزیت در جهت محور آنها آرایش یافته است (شکل ۹-ب).



شکل ۸ تصویر میکروسکوپی از نوارهای کوارتزی ایجاد شده در بین نوارهای میکایی، نازک شدن در یال ریزچینها و افزایش ضخامت ناحیه لولای چینها به دلیل مهاجرت دانه‌های کوارتز در بخشهایی از شکل قابل ملاحظه است.



(ب)

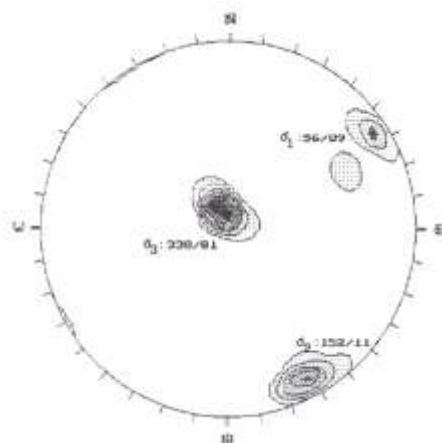
(الف)

شکل ۹ (الف) رگه کوارتزی S (شکل، ب) تصویری از نحوه آرایش بلورهای طویل آندالوزیت در بین ریزچینها.

در فرایند بالا به دلیل سهولت انحلال فشاری دانه‌های کوارتز و مقاومت بیشتر میکا، تنش روی میکاها متمرکز شده [۲، ۶ و ۹] و باعث خارج شدن میکاها از موازی با راستای تنش و سمتگیری آنها به صورت موازی یا مایل با S_2 (عمود بر راستای تنش) می‌شود. چون در یال چینها، بزرگی تنش نسبت به منطقه لولا بیشتر است و در منطقه لولا صفحه‌های میکا قادر به چرخیدن و عمود شدن به راستای تنش نیستند [۶]، دانه‌های کوارتز از یالها به منطقه لولای چینها مهاجرت کرده‌اند (شکل ۸). در منطقه لولای چینهای ماکروسکوپی بر اثر بیشتر بودن میزان کوتاه شدن [۷] صفحه‌های میکای یال ریزچینها در راستای عمود به تنش سمتگیری و S_2 نسبت به S_1 چیره شده است. راستای حرکت دانه‌های کوارتز از یالها که با راستای لغزش بین لایه‌های موازی است همراه با سمتگیری محور نوری دانه‌ها به صورت عمود بر محور چینها (L_2) است و چون دانه‌های کوارتز پس از میکا متبلور می‌شوند؛ به دلیل محدود شدن در صفحه‌های میکا [۸]، تحت فشار و به صورت تخت متبلور شده‌اند و حتی برخی از آنها دارای خاموشی موجی ضعیفی هستند. با توجه به این موضوع می‌توان راستای تنشهای اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 را با توجه به چگونگی نمودار پربندی عناصر بافتی S_1 ، S_2 و L_2 (شکل‌های ۳، ۴ و ۵) و تشابه آنها با نمودار پربندی دانه‌های کوارتز به صورت زیر معین کرد (شکل ۱۰): راستا و میل تنشهای اصلی به ترتیب N56/09، N152/11 و N338/81 است.

بحث و بررسی

با توجه به جایگاه زمین ساختی محل در منطقه، مقیاس چینهای خوابیده با توجه به شواهد ارائه شده و چگونگی S_1 نسبت به آنها [۴] و شواهد چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی حاکم بر منطقه طی اولین مرحله دگرشکلی [۱]؛ تشکیل S_1 بدور از تأثیر نیروهای جانبی بوده است.



شکل ۱۰. نمودار راستایی تنشهای اصلی.

تنها برگواره جدیدی که نوزعیم آن را معرفی کرده و در سایر مطالعات به آن اشاره نشده است برگواره S^* است که تشکیل آن به پیش از اولین دگرشکلی موثر در منطقه (D_1) نسبت داده شده است. آنچه که در ضمن معرفی این برگواره به آن اشاره شده این است که این برگواره بیشتر با رگه‌های کوارتزی همراه و در محل لولای چینهای خوابیده و موازی با سطوح شیبستویته سازنده S_1 تشکیل و کانیهایی مسکویت و بیوتیت سازنده این برگواره هستند. آنچه که پیداست در مرز بین لایه‌های با تفاوت زیاد توانایی (رگه‌های کوارتزی و میکاشیستها در اینجا) تمرکز، تنش وجود دارد که منجر به شکل‌گیری کانیهایی صفحه‌ای در حین دگرشکلیهای اصلی (D_1 و D_2) در این محلها می‌شود؛ لذا بهتر است نسبت به نامگذاری این نوع سمگذاری میکاها به عنوان برگواره احتیاط کرد.

برداشت

دانه‌های کوارتز با توجه به شرایط تشکیل و انجماد، از جمله کانیهایی است که متناسب با تنش موثر همراه با تشکیل سایر عناصر بافتی در سنگهای دگرگون، سمگذاری می‌نماید. بنابراین تقارن بافتهای عناصر بافتی و عنصر زیر بافتی دانه‌های کوارتز نشان دهنده همگنی و هم راهکاری ساختمانی منطقه است و از اینجا می‌توان بر اساس سطوح تقارن عناصر بافتی و زیر بافتی منطقه، راستای بیشینه تنش اصلی منطقه را N56 مشخص کرد.

مراجع

- [۱] بهاری فر علی اکبر، "نگرشی نو بر پتروژنز سنگهای دگرگونی ناحیه/ی منطقه همدان"، پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تربیت معلم. ۱۳۷۶
- [۲] شلی دیوید، "بررسی میکروسکوپی سنگهای آذرین و دگرگونی طبق بافتها و جهت یابی ترجیحی کانیه"، ترجمه عباس آسیابانها، انتشارات دانشگاه بین المللی امام خمینی. ۱۳۷۴.

- [۳] فرهپور محمد مهدی، شبانیان بروجنی اسماعیل، عباسی محمد رضا، "توده های صلب پنهان و تاثیر آنها بر جهت تنش دیرینه در حاشیه شرقی توده / لوند"، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، دور جدید، شماره اول، انتشارات وزارت امور خارجه، پاییز ۱۳۷۷.
- [۴] نوزعیم رضا، "تحلیل ساختاری شیستهای منطقه چشمه پهن"، پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تربیت مدرس.

- [5] Berberian M., Alavitehrani N., "Contribution to the seismotectonic of Iran", Part III; Structural analysis of Hamedan metamorphic tectonites, a paleotectonic discussion, geological survey of Iran, 646, 1977.
- [6] Price N. J., Casgarove J. W., "Analysis of the geological structures", Cambridge university Press, 525, 1987.
- [7] Ramsay G. J., Huber I., "The techniques of modern structural geology", vol2, Academic Press, 700, 1988.
- [8] Spray A., "Metamorphic texture, Britain by a wheaton & Co Exeter", 321, 1969.
- [9] Turner F. J., Weiss L. E., "Structural analysis of metamorphic tectonites", McGraw-Whill Book Company, 569, 1963.