

TECTONIC & STRUCTURAL GEOLOGY ASSOCIATION OF IRAN



تحلیل دگرشکلی شکلپذیر بر اساس الگوی جهتگیری ترجیحی شبکه کوارتز (مطالعه موردی: همتافت هسته دگرگون چاپدونی، ایران مرکزی) \$\$\$\$\$\$

چکیدہ:

همتافت هسته دگرگون چاپدونی در خردقاره شرق ایران مرکزی واقع شده است. مطالعات ریزساختاری براساس الگوی محور C کوارتز به منظور تعیین ماهیت دگرشکلی در زون برشی جداشدگی در این همتافت انجام شد. در این پژوهش درجه حرارت دگرشکلی و سامانه های لغزشی فعال در طی دگرشکلی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، رژیم دگرشکلی در این همتافت از نوع برش کلی با ترکیب ۴۷٪ برش ساده و ۵۳٪ برش محض تعیین گردید. آنالیزهای ریزساختاری و استرین محدود، تغییرات هندسه استرین از استرین صفحهای تا پخشدگی کلی در همتافت هسته دگرگون چاپدونی را تائید می نماید.

کلید واژه ها:(همتافت هسته دگرگون، محور C کوارتز، سامانه لغزشی، استرین محدود، رژیم دگرشکلی)

Analysis of ductile deformation based on the lattice preferred orientation of quartz (Case study: Chapedony metamorphic core complex, Central Iran)

Abstract:

Chapedony metamorphic core complex is located in the East-Central Iranian Microcontinent. Microstructural studies were carried out based on the study of quartz c-axis pattern in order to determine the deformation nature in the detachment shear zone of this complex. In this research, the deformation temperature and active slip systems during deformation were evaluated. Based on the obtained results of this research, deformation regime in this complex was determined as general shear consisting of 47% simple shear and 53% pure shear, respectively. Microstructural and finite strain analyses confirm the strain geometry variations from plane strain to general flattening in the Chapedony metamorphic core complex.

Keywords :(metamorphic core complex, quartz c-axis, slip system, finite strain, deformation regime)

مقدمه :

همتافتهای هسته دگرگون از جمله ساختارهای معمول در مناطقی هستند که از سنگ کره قارهای گسترش یافته تشکیل شدهاند. دراین ساختارها یک یا چند زون برشی نرمال کمزاویه (یا زون جداشدگی) وجود دارد که فرادیواره گسل خورده متشکل از سنگ های سطحی را از فرودیواره تشکیل شده از پوسته پایینی یا میانی جدا می سازد و ثبت کننده تغییر تدریجی رفتار شکل پذیر به شکننده است (Tirel et al., 2009). اخیراً مجموعهای از سنگ های دگرگونی درجه بالا در ناحیه چاپدونی، ایران مرکزی، به عنوان همتافت هسته دگرگون معرفی شده اند(Kargaranbafghi et al., 2006; Verdel et al., 2007). همتافت هسته دگرگون چاپدونی با روند NNE به طول تقریبی ۱۰۰ کیلومتر از سنگهای دگرگونی درگونی به سن ائوسن تشکیل شده است(2009). است (Kargaranbafghi et al., 2006; کیلومتر از سنگهای دگرگونی به سن ائوسن تشکیل شده

آدرس: میدان آزادی، بلوار معراج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تلفن: ۶۶۰۷۰۵۹۹–۲۱۰ تلفن: ۶۶۰۷۰۵۹۹



انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران TECTONIC & STRUCTURAL GEOLOGY ASSOCIATION OF IRAN

شکل پذیر ائوسن مشخص می شوند. از دیدگاه زمین ساختی، روند عمومی شمالی- جنوبی منطقه به عملکرد دو گسل بزرگ امتدادلغز پشتبادام و چاپدونی وابسته است. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. براساس مطالعات رمضانی و تاکر (۲۰۰۳)، کارگرانبافقی و همکاران(۲۰۰۶و۲۰۰۶) و وردل و همکاران (۲۰۰۷) باور کلی بر این است که همتافت هسته دگرگون چاپدونی از تیپ کوردیلر به سن ائوسن می باشد.

یکی از مهم ترین اهداف زمین شناسان ساختاری تلفیق مشاهدات دقیق صحرایی و تحلیل های جنبش شناختی برای پی بردن به الگوی دگر شکلی در مقیاس زمین ساخت صفحه ای است(Ramsay and Lisle, 2000). هدف از انجام این پژوهش، تعیین ماهیت دگر شکلی بر اساس ویژگی های بافتاری محور C کوارتز در همتافت هسته دگر گون چاپدونی می باشد.



شکل ۱ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

\$\$\$\$\$

بحث و روش تحقيق:

برای بررسی میزان کرنش و تاوایی ابتدا باید نمونههای جهتدار تهیه شود. برای مطالعه جهت گیری ترجیحی شبکه کانیها، نمونههای سنگی را در جهت عمود بر برگوارگی و به موازات خطوارگی برش داده و از آنها مقاطع نازک تهیه می شود. در این پژوهش نمونههای دستی جهتدار در مقطع XZ در آزمایشگاه برش داده شدند. مقطع XZ صفحهای موازی با خطوارگی کششی و عمود بر برگوارگی است(Passchier, 1988). سپس برای ادامه مطالعه از این مقاطع عکس دیجیتال تهیه شد. با استفاده از نرمافزار Image J محورهای بلند، محورهای کوتاه و زاویه محور بلند نسبت به خط مرجع(زاویه Φ) اندازه گیری گردید. آنالیز کرنش به روش Rf/Φ برای اولین بار توسط رمزی(۱۹۶۷) مطرح شد و پس از آن توسط دونت (۱۹۶۹) و لایل (۱۹۸۵) اصلاح شد. در این تحقیق از نرمافزار ارائه شده توسط چاو(۲۰۰۳) استفاده شد. این نرمافزار می تواند آزمون تقارن(Isym) و آزمون تتا(χ²) را با دقت کامل انجام دهد.

اندازه گیری میزان کرنش با استفاده از روش Rf/Φ برای نشانگرهایی کاربرد دارد که از ابتدا به صورت بیضوی بودهاند. در جدول ۱ اطلاعات حاصل از روش Rf/Φ که از نرمافزار(2003) Chew بدست آمده، ارائه گردیده است. در جدول ۱ علاوه بر مقادیر Rs اطلاعات ²χ و Isym نیز نشان داده شده است که نشانگر عدم فابریک اولیه و قرار گیری تصادفی اولیه نشانگرها است. تغییرات مقادیر کرنش نشان می دهد که از مرکز همتافت هسته دگر گون به سمت سطح جدایش میزان کرنش افزایش می یابد. این موضوع با

آدرس: میدان آزادی، بلوار معراج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تلفن: ۶۶۰۷۰۵۹–۲۱۰ ۲۱



		• •	
Strain data(Rs) using the Rf/Φ method			
sample	ISYM	minimum χ^2	Rs value
CH1	0.9459459	20.5225	1.71
CH2	0.9782609	3.6522	1.60
CH3	0.9603175	14.6349	1.56
CH4	0.973262	6.6898	1.55
CH5	0.9627119	14.4915	1.54
CH6	0.9554795	25.2603	1.46
CH7	0.985782	19.2370	1.46
CH8	0.9369628	12.7765	1.39
CH9	0.9714286	8.4000	1.35
CH10	0.9771429	11.1429	1.32
CH11	0.982808	19.6533	1.30

حدول ۱ اطلاعات حاصل از روش Rf/Φ

تعیین مقدار تاوایی با استفاده از فابریکهای کریستالوگرافی نیز انجام میشود. این روش براساس اندازه گیری فابریکهای محور C کوارتز و نسبت کرنش در صفحه کرنش محدود میباشد. این روش توسط والیس(۱۹۹۵) ارائه شده است. اگرچه از این روش بطور عمومی در مورد فابریکهای کوارتز با ساختار حلقههای متقاطع نوع یک(Pype I cross- griddle) استفاده میشود اما شیهسازی عددی صورت گرفته توسط لیستر و هابس (۱۹۸۰) نشان میدهد که این روش در مورد فابریکهای کوارتز با ساختار حلقههای متقاطع نوع دو(Pype II cross- griddle) نیز میتواند مورد استفاده قرار گیرد. در شکل ۲ پارامترهای مورد نیاز برای محاسب میزان تاوایی بر اساس فابریک محور C کوارتز نشان داده شده است. زاویه β عبارت است از زاویه حاده بین برگوارگی و خط عمود بر بخش میانی فابریک و ψ زاویه حاده بین برگوارگی و بخش مرکزی فابریک(متمم زاویه β) میباشد. در این معادله β زاویه حاده بین برگوارگی و خط عمود بر بخش میانی فابریک C کوارتز، RXZ میزان کرنش در صفحه X و Wm میزان تاوایی میانگین می باشد.

برای اندازه گیری جهت ترجیحی شبکه LPO در کوارتز از روش نوری برای بدست آوردن جهت گیری محور C و a می توان استفاده کرد. برای انجام مطالعات LPO بر روی کوارتز باید از مقاطع نازک جهتدار در صفحه XZ بیضوی کرنش استفاده کرد(Passchier, 1988). از مزیتهای انتخاب این مقطع این است که می توان نسبت بیضوی کرنش و همچنین مقدار تاوایی را نیز محاسبه کرد. به دلیل عدم وجود رخ و ماکل قابل تشخیص در کوارتز و همچنین یک محوری بودن آن، بهترین جهت نوری قابل اندازه گیری در این کانی محور C می باشد.

آدرس: میدان آزادی، بلوار معراج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تلفن: ۶۶۰۷۰۵۹۹–۰۲۱ تلفن: ۶۶۰۷۰۵۹۹



انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایسران

TECTONIC & STRUCTURAL GEOLOGY ASSOCIATION OF IRAN



 W_m = mean kinematic vorticity number R_{XZ} = strain ratio in XZ section

شكل ۲ تعيين مقدار Wm با استفاده از جهت يابي فابريك محور Cكوار تز (Law et al., 2004).



شکل ۳ ارتباط بین کرنش متقارن و فابریک های محور a و C کوارتز برای دگرشکلی های هم محور (Thigpen, et al., 2010). الگوهای LPO در حالت هم محور تحت شرایط دگر گونی درجه پایین تا متوسط نوارهای دایره ای کوچک (small circle girdle) بسیار عمومیت دارند (Passchier and Trouw, 2005). افزایش دما باعث افزایش زاویه بازشدگی (Opening angle) در نوارهای کوچک می شود. با استفاده از الگوهای LPO به دست آمده برای کوارتز می توان شرایط دمایی دگرشکلی را مشخص کرد.

آدرس: میدان آزادی، بلوار معراج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تلفن: ۶۶۰۷۰۵۹-۲۱۱ ۲۰ ۴۲۱



انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایسران

TECTONIC & STRUCTURAL GEOLOGY ASSOCIATION OF IRAN

برای این منظور از زاویه بازشدگی الگوهای LPO کوارتز استفاده می شود. میزان بازشدگی زاویه اسکلت بافتار به دمای دگرگونی بستگی دارد(Lister and Hobbs, 1980; Law et al., 2004). بنابراین با استفاده از این ارتباط می توان میزان حرارت در طی تشکیل سنگهای میلونیتی در زونهای برشی را به دست آورد.

الگوی محور C کوارتز نیز می تواند نشانگر دمای دگرشکلی در میلونیت ها باشد (Passchier and Trouw, 2005). وجود بیشینه بافتار محور C کوارتز در پیرامون (محیط) تصویر استریو گرام نشان دهنده فعالیت سیستم لغزش قاعده ای (basal) در دمای دگرشکلی کمتر از ۴۰۰ درجه سانتی گراد می باشد (Passchier and Trouw, 2005). وجود بیشینه بافتار حدفاصل محیط و مرکز تصویر استریو گرام مربوط به فعالیت سیستم لغزشی لوزی (rhomb) در دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد است، در حالیکه وجود بیشینه بافتار حول مرکز (محور Y) مربوط به غلبه سیستم لغزش منشور (prism) در دمای بالاتر از ۵۰۰ درجه سانتی گراد می باشد (شکل Stipp et al., 2002; Mancktelow and Pennacchioni , 2004; Passchier and Trouw, 2005; Guang Zhu et) (۴.

تحلیل مقاطع نازک جهتدار (صفحهXZ) براساس اندازه گیری جهت گیری حدود ۲۰۰ دانه کوارتز بازبلورش یافته با استفاده از دستگاه U-Stage انجام شد. الگوهای بدست آمده از محور C کوارتز یک عدم تقارن نسبت به محورZ از خود نشان میدهند که مؤید وجود برش راستگرد(top- to- the NE) برای زون جدایشی میباشد. اکثر الگوهای محور C کوارتز تقارن مونوکلینیک از خود نشان میدهند که عملکرد برش ساده میباشد. با توجه به بیشینه بافتار محور C کوارتز حول مرکز (محور Y) استریو گرام عملکرد سیستم لغزش منشور طی دگرشکلی کوارتز در همتافت هسته دگرگون چاپدونی تائید می گردد.



شکل ۴ الگوهای حاصل از اندازه گیری محور C کوارتز.

نمونههای CH1 تا CH6 نشاندهنده الگوی محور C کوارتز از نوع (Type I cross gridle) کمربند متقاطع نوع اول، این بافتار نشاندهنده درجه حرارت ۵۰±۴۲۰ تا ۵۰±۵۰۰ دگرشکلی است. نمونههای CH7 تا CH9 بیشنه بافتار در مرکز استریوگرام واقع شده و نشاندهنده درجه حرارت بالای ۵۰۰ درجه سانتیگراد است. نمونههای CH10 و CH11 از نوع small circle gridle بوده

آدرس: میدان آزادی، بلوار معراج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تلفن: ۶۶۰۷۰۵۹–۲۱





شکل Wk ۶ حاصل از اندازه گیری محور C کوارتز و کرنش در صفحه Wk (XZ بین ۶۷/. تا ۷۱/. با میانگین ۰۵/.±۶۸/. است). با توجه به نتایج بدست آمده از مقادیر تاوایی و براساس نمودارهای ارائه شده توسط زیبولیاس(۲۰۱۰) و فورت و بیلی(۲۰۰۷)، درصد برش ساده و برش محض محاسبه گردید. با توجه به مقادیر بدست آمده میزان برش ساده و برش محض به ترتیب ۴۷٪ و ۵۳٪ در منطقه مورد مطالعه بدست آمد(شکلva). همچنین براساس شکلvb رژیم دگرشکلی در منطقه مورد مطالعه برش کلی(general shear) تعیین گردید.

آدرس: میدان آزادی، بلوار معراج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور www.gsi.ir تلفن: ۶۶۰۷۰۵۰۹-۲۱



انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایـران

TECTONIC & STRUCTURAL GEOLOGY ASSOCIATION OF IRAN



شکل ۷ درصد برش محض و برش ساده اندازه گیری شده در منطقه مطالعاتی.

\$\$\$\$

نتیجه گیری:

w w v

براساس مطالعات ریزساختاری انجام شده در همتافت هسته دگرگون چاپدونی نتایج زیر حاصل شد: الگوهای بدست آمده از محور C کوارتز یک عدم تقارن نسبت به محور Z از خود نشان میدهند که مؤید وجود برش راستگرد(top- to- the NE) در زون جدایشی میباشد. اکثر الگوهای محور Cکوارتز تقارن مونو کلینیک از خود نشان میدهند که مؤید وجود برش ساده میباشد. با توجه به بیشینه بافتار محور C کوارتز حول مرکز یا محور Y استریو گرام عملکرد سیستم لغزش منشور طی دگرشکلی کوارتز در همتافت هسته دگر گون چاپدونی تائید می گردد. نمونههای CH1 تا OH5 نشاندهنده الگوی محور C کوارتز از نوع (Vppe I cross gridle) کمریند متقاطع نوع اول، این بافتار نشاندهنده درجه حرارت ۵±۲۰۲ تا ۵۰±۵۰ درجه دگرشکلی است. نمونههای CH7 تا CH9 بیشنه بافتار در مرکز استریو گرام واقع شده و نشاندهنده درجه حرارت بالای ۵۰۰ درجه سانتی گراد است. نمونههای CH7 تا CH9 این بافتار در مرکز استریو گرام واقع شده و نشاندهنده درجه حرارت بالای ۵۰۰ درجه مرکز واقع شده است. نمونههای CH7 و CH11 از نوع Small circle gridle بوع اول، این بافتار میان دهنده درجه حرارت بالای ۵۰۰ درجه مرکز واقع شده است. نمونههای CH3 و CH11 از نوع Small circle gridle بود و بیشنه بافتار محور C کوارتز حدفاصل محیط تا تغییرات مقادیر کرنش نشان می دهد که از مرکز همتافت هسته دگرگون به سمت سطح جدایش میزان کرنش افزایش می باید. این موضوع با افزایش شدت فابریک میلونیتی به سمت سطح جدایش میزان کرنش افزایش می باید. این مورد مطالعه رژیم دگر شکلی از Pane strain تبدی می هود منطقه مورد مطالعه همخوانی دارد. از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه رژیم دگر شکلی از Pane strain تبدی هره منطقه مورد مطالعه همخوانی دارد. از غرب به شرق منطقه

References:

Chew, D.M., 2003. An Excel spreadsheet for finite strain analysis using the Rf / Φ technique. Computers & Geosciences 29. P 795–799.

Dunnet, D., 1969. A technique of finite strain analysis using elliptical particles. Tectonophysics 7, 117–136.

Forte,A.M.&Bailey, C. M. 2007. Testing the utility of the porphyroclast hyperbolic distribution method of kinematic vorticity analysis. Journal of Structural Geology, 29, 983–1001.

آدرس: میدان آزادی، بلوار معراج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تلفن: ۶۶۰۷۰۵۰۹–۲۱۰ تلفن: ۶۶۰۷۰۵۰۹



W

TECTONIC & STRUCTURAL GEOLOGY ASSOCIATION OF IRAN

نجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایسران

Guang, Z., Cheng-Long, X., Wen, C., Xiang, Bi-W., Zhao-Qi, H., 2009. Evolution of the Hongzhen metamorphic core complex: Evidence for Early Cretaceous extension in the eastern Yangtze craton, eastern China. Geological Society of America. GSA Bulletin; March/April 2010; v. 122; no. 3/4; p. 506–516.

Kargaranbafghi, F., Neubauer, F., Genser, J., Houshmandzadeh, A., 2007. 40Ar/39Ar constraints on the tectonothermal evolution of the Chapedony metamorphic core complex, Central Iran. Geophys. Res. Abstracts 9 EGU07-A-07387.

Kargaranbafghi, F., Neubauer, F.J.G., Houshmandzadeh, A., 2006. The Eocene Chapedony Metamorphic Core Complex in Central Iran: Preliminary Structural Results. European Geosciences Union, Vienna, Austria. pp. EGU06-J-05008.

Kargaranbafghi, F., Neubauer, F., Genser, J., 2009. The Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution of western Central Iran seen through detrital white mica. Geophys. Res. Abstracts 11 EGU2009-0.

Law, R.D., Searle, M.P., Simpson, R.L., 2004. Strain, deformation temperatures and vorticity of flow at the top of the Greater Himalayan Slab, Everest Massif, Tibet. Journal of the Geological Society, London, Vol. 161, 2004, pp. 305–320.

Lisle, R.J., 1985. Geological strain analysis: a manual for the R_F/Φ method. 99p.

Lister, G.S., Hobbs, B.E., 1980. The simulation of fabric development during plastic deformation and its application to quartzite: fabric transition. Journal of Structural Geology 1, 99–115.

Mancktelow, N.S., Pennacchioni, G., 2004. The influence of grain boundary fluids on the microstructure of quartz-feldspar mylonites: Journal of Structural Geology, v. 26, p. 47–69.

Passchier, C.W., Urai, J.L., 1988. Vorticity and strain analysis using Mohr diagrams. Journal of Structural Geology 10, 755–763.

Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., 2005. Microtectonics: New York, Springer, 366 p.

Ramezani, J And Tucker, R. D. 2003 American Journal of Science, Vol. 303, September, P. 622–665.

Ramsay, J.G., 1967. Folding and Fracturing of Rocks. McGraw-Hill, New York.

Ramsay, J.G., Huber, M., 1983. The Techniques of Modern Structural Geology. Volume 1: strain analysis. Academic Press, London.

Ramsay, J.G., Lisle, R.J., 2000. Applications of Continuum Mechanics in Structural Geology. In: The Techniques of Modern Structural Geology.

Stipp, M., Stünitz, H., Heilbronner, R., Schmid, S.M., 2002. The eastern Tonale fault zone: A 'natural laboratory' for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700°C. Journal of Structural Geology, v. 24, p. 1861–1884.

Thigpen, J. Ryan., Lawa, R.D., Lloyd, G.E.; Brown, S.J., 2010. Deformation temperatures, vorticity of flow, and strain in the Moine thrust zone and Moine nappe: Reassessing the tectonic evolution of the Scandian foreland-hinterland transition zone. Journal of Structural Geology 32. 920-940.

Tirel, C., Gautier, P., van Hinsbergen, D.J., Wortel, M.J.R., 2009. Sequential development of interfering metamorphic core complexes: numerical experiments and comparison with the Cyclades, Greece. The Geological Society, London, Special Publications, 311, 257–292.

Verdel, C., Wernicke, B.P., Ramezani, J., Hassanzadeh, J.,Renne, P.R., Spell, T.L., 2007. Geology and thermochronology of Tertiary Cordilleran-style metamorphic core complexes in the Saghand region of central Iran. Bulletin Geological Society of America 119, 961–977.

Wallis, S.R., 1995. Vorticity analysis and recognition of ductile extension in the Sanbagawa Belt, SW Japan. Journal of Structural Geology 17, 1077–1093.

Xypolias, P., 2010. Vorticity analysis in shear zones: A review of methods and applications. Journal of Structural Geology 32, 2072-2