

## کرونا CORONA TEXTURES و کاربردها در تعیین شرایط فیزیکو شیمیائی حاکم بر محیط تشکیل آنها

دکتر صدرالدین امینی

گروه زمین شناسی - دانشکده علوم - دانشگاه تربیت معلم تهران

و پوسته تحتانی بوسیله ماگمای بازالتی آلکالن در جزایر اقیانوسی (اقیانوس اطلس) به سطح آورده شده اند. بافتهای کرونا یا تاجوار عبارت از بافتهای خاصی هستند که در نتیجه واکنشهای شیمیائی متقابل بین فازهای جامد درگیر و یا جامد و مایع در تحت شرایط جامد و یا نیمه جامد در اثر تغییر شرایط فیزیکی (حرارت و فشار) با فیزیکو شیمیائی محیط تشکیل در طی زمانی طولانی و با نرخ تدریجی بوجود می آیند و دارای تنوع بسیار زیاد و غالباً پیچیده می باشند. با توجه به ساختمان و بافت خاص موجود در این کروناها و واکنشهایی که منجر به تشکیل آنها شده است می توان نتایج جالبی از سرگذشت آنها در سیری که تا سطح زمین طی کرده اند بدست آورد. به عبارت دیگر کروناها دارای ویژگیهای بافتی خاصی هستند که همچون آینه می توانند انجام واکنشهای شیمیائی و نیز شرایط ترمودینامیکی حاکم بر محیط تشکیل خود را در مسیر عبور از عمق تا سطح منعکس کنند.

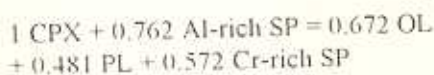
کروناهای مورد مطالعه در این مقاله یا دارای هسته ای از اولیوین غنی از منیزیم Forsteritic هستند و یا بخش مرکزی آنها از اسپینل های غنی از آلومینیوم تشکیل شده است. در هر دو حالت تغییرات فیزیکو شیمیائی حاکم بر محیط تشکیل آنها در جهت ناپایداری این دو فاز پیش رفته است و با توجه به انجام واکنشهای انجام شده بین

بافتهای کرونا بر اساس تجزیه شیمیائی نقطه ای. به طریقه B.S.E.I و تهیه نقشه های توزیع عناصر با یکتهای قابل انجام با دستگاه الکترون میکروپراب بر وجود مورد بررسی. حدس زده می شود که بین استریتی و پلاژیوکلازهای آنورتیتی واکنشی عمیق حاصل آن تشکیل فازهای جدید از جمله پیروکسن و تا بافتهای کرونا می باشد. بهرحال، یک امکان برای کرونا واکنشهای انجام یافته در شرایط زیر جامد (S) میان فازهای درگیر موجود است. این مورد تغییر و فشار با نرخ مستمر و در طی یک دوره زمانی قابل ملاحظه می نماید. امکان دیگر برای تشکیل بافتهای کرونا درگیری فاز مایع ماگمایی تاخیری به تله افتاده در ماگمایی با فازهای جامد قبلی باشد. واکنشی که در چیزی معمول و عادی است.

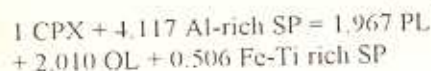
این مقاله مطالعه بافتهای کرونا Corona textures و اولترامافیک و مافیک است که از مانتو فوقانی

فازهای مختلف می‌توان شرایط ترمودینامیکی حاکم بر محیط تشکیل کروناها را پیش بینی نمود. که این شرایط می‌تواند به کل سنگ دربرگیرنده نیز تعمیم یابد. به عبارت دیگر وجود کروناهای مختلف می‌تواند به عنوان شاخصهائی عمل نماید که حداکثر و حداقل شرایط فشار و حرارت و نیز تغییرات شیمیائی حاکم بر محیط تشکیل آنها را قابل پیش بینی می‌نماید.

واکنشهای انجام شده در این نوع کروناها که با مشاهدات مستقیم و نیز شرایط ترمودینامیکی قابل انطباق است عبارتست از (کروناى شماره ۱) \* ۱



(کروناى شماره ۲)



ضرایب واکنش با استفاده از متد گوسین Gaussian که بوسیله پاول R. Powell, 1978 بکار برده شده است محاسبه گردیده است.

### بحث:

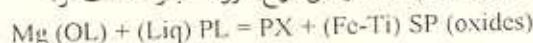
بعضی از فازهای کانی موجود در درون زینولیت‌های اولترامافیک و سانیک می‌توانند با مایع‌های ماگمایی کومولوس تاخیری (Postcumulus) یا شیشه‌های بین بافتی واکنش‌هایی از نوع SS (Sub - Solidus) را نشان دهند. بنظر می‌رسد که واکنشهای انجام شده میان فازهای درگیر باید زمانی قبل از مرحله توقف ناگهانی حرارت (Quenching) به پایان رسیده باشد. گاهی اوقات این مجموعه آثار و نشانه‌هایی از نوع ذوب بخشی زینولیتها به‌همراه دارد.

مسئله مهم در مورد کروناها یا بافتهای کرونا (Corona Textures) این است که آنها قادرند آثار و نشانه‌های حاصله از

پلاژیوکلاز = PL، اولیون = OL، اسپینل = SP، کلینوپیروکسن = CPX، اولیون غنی از منیزیم = Mg (OL)، پیروکسن = PX، مایع = Liq، اسپینل غنی از کرم = Cr - rich SP، اسپینل غنی از آهن و تیتانیم = Fe-Ti Spinel، اسپینل غنی از آل = Al - rich SP

فازهای قدیمی یا اولیه با همدیگر و یا با مایع بین بافتی ماگمایی منجر به تشکیل کروناها گردیده است.

در زینولیت‌های نوع گابرونی (یافت شده در جزیره سائومیگل (Sao Miguel) بنظر می‌رسد که تغییرات شرایط ترمودینامیکی بعضا باعث ذوب بخشی قسمتهائی از زینولیتها گردیده که شرایط را برای تشکیل کروناها تسهیل نموده است. اولیون در شرایط جدید ناپایدارترین فاز بوده و لذا با پلاژیوکلازها و مایع‌های ماگمایی بین بافتی و یا حاصل از ذوب مواد بین بافتی Interstitial material (Scoria) دچار واکنش و تبادل یونی شده که نهایتا انجام این واکنشها منجر به تشکیل بافت و ساخت کروناهای موجود گردیده است. واکنش انجام شده در این نوع کرونا عبارت است از:



این نوع کروناها که مربوط به زینولیت‌های نوع گابرونی می‌باشد مربوط به اعماق کم بوده برای تشکیل آنها فشار ۹/۵ - ۸ کیلوبار و حرارت  $1160^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$  محاسبه شده است.

نوع دیگر کرونا که مربوط به شرایط ترمودینامیکی قوی تری است دارای مرکزیت یا هسته اسپینل غنی از آلومینیوم می‌باشد و در زینولیت‌های اولترامافیک نوع ورلایت و دونایت، Wehrlite، Dunite یافت شده است. در این نوع زینولیتها شرایط برای پایداری اسپینل‌های غنی از آلومینیوم مناسب نبوده و نهایتاً منجر به ایجاد واکنش‌هایی از نوع محلول جامد Solid - solution و تحت جامد Sub - solidus بین اسپینل غنی از آلومینیوم از یکطرف و فازهای اطراف آن (پیروکسها و احتمالا مایع‌های ماگمایی بین بافتی) از طرف دیگر و انجام واکنش‌هایی در جهت تشکیل کروناها گردیده است.

مطالعات انجام شده با الکترون میکروپراب (Electron Micro - Probe) تجزیه شیمیائی نقطه به نقطه فازهای مربوطه، تصویف‌های گرگتسه شده بطریق B.S.I (Back Scattering Image) و تهیه دیسکی مپ Digimaps از کروناها ما را قادر ساخته است تا کلیه جزئیات واکنش‌هایی را که منجر به تشکیل چنین ساخت و بافتهائی شده است بازشناسی کنیم. همچنین با استفاده از کارهای تجربی دیگران بر روی شرایط پایداری



$$\ln K_{(1)} = \ln \left[ (X_{\text{Ulv}} \cdot X_{\text{hem}}) / (X_{\text{mt}} \cdot X_{\text{ilm}}) \right] = -8155/T + 4.59$$

معادله ۲ :

$$\ln a_{\text{O}_2} = \ln \left[ (X_{\text{mt}})^2 (X_{\text{ilm}})^6 / (X_{\text{Ulv}})^4 (X_{\text{Ulv}} \cdot X_{\text{hem}} / X_{\text{mt}} \cdot X_{\text{ilm}})^{10/2} \right] - 4.94$$

همچنین با استفاده از معادله ۲ اکسیژن فیوگاسیتی بر مبنای  $\log_{10}(f)$  برابر با ۱۳ محاسبه شده است. با توجه به وجود فاز آمفیبول نوع کرسونایت (Kaersutite) در این زینولیت و با استفاده از روش پیشنهادی (Hammarstrom & Zen, 1986) درجات حرارت و فشار  $930^\circ\text{C}$  و بیش از  $7\text{ kb}$  کیلوبار (فشار) را می‌توان محاسبه نمود. با توجه به کلیه عوامل و فاکتورها و درجات حرارت و فشاری که در فوق بدان اشاره شد پذیرش فشارهای زیر  $10$  کیلو بار یعنی  $9/5 - 8$  و حرارت‌های  $1120^\circ\text{C} - 850^\circ\text{C}$  را برای تشکیل این گونه ساخت و باقتهای کرونا می‌توان پذیرفت. این فشارها از نظر عمق معادل با اعماق  $20$  تا  $30$  کیلومتری زمین می‌باشد که با توجه به وضعیت ساختمانی جزیره ساو میگل Sao Miguel می‌تواند بالاترین قسمت‌های مانتو فوقانی باشد.

شروع یک چنین واکنشهایی می‌تواند از اعماق بیشتر شروع و تا اعماق کمتر ادامه داشته باشد و هر چند وقت یک بار واکنشهای مناسب در جهت تشکیل پایدارترین فازهای ممکن ادامه خواهد یافت. ولی در زمانی مناسب بر اثر خروج سریع ماگما و اتفاق پدیده توقف یکباره واکنشها (Quenching) از ادامه و تکمیل واکنشها در بعضی قسمت‌ها جلوگیری بعمل آمده است که نتیجه آن تشکیل بافت و ساخت کرونا است. اینگونه بافتها می‌تواند بر اثر کاهش فشار و ایجاد نوعی ذوب بخشی در شرایطی که محیط جدید برای فازهای پایدار قبلی مخصوصاً اولیون بیشتر از این قابل تحمل نبوده اتفاق بیفتد. آنچه مسلم است در نمونه های زینولیت با ترکیب گابرونی فازهای اولیون غنی از منیزیم و اسپینل‌های غنی از Mg, Al, Cr بشدت ناپایدار بوده و ناچاراً با انجام واکنشهای مناسب در تحت شرایط  $\text{Stib} - \text{Solidus}$  بخشا از بین رفته است، و نهایتاً منجر به تشکیل باقتهای متداخل و کرونا گردیده است.

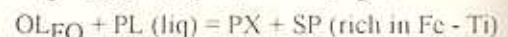
تغییرات فیزیکو شیمیایی محیط تشکیلشان را در خود محفوظ نگه‌دارند. مخصوصاً که این آثار و نشانه ها غالباً در اشکال و فرمهای قابل رویت و قابل نقشه برداری الکترونی (Digimapping) محفوظ مانده اند. یعنی اینکه فازهای موجود در محیط غالباً برای مقابله با تغییرات فیزیکوشیمیایی محیط جدید در جهت تشکیل پایدارترین فازها و فرمهای لازم. درگیر واکنشهایی مناسب با تغییرات گردیده و بر اثر انجام فرآیند اطفاء، سریع (Quenching) اشکال و فرمهایی با بافت کرونا برجای می‌گذارند. (شکل ۱).

بدین ترتیب زمانی که شرایط لازم برای پایداری اولیونهای نورستریتی (Forsteritic Olivines) فراهم نبوده، آنها با پلاژیوکلازهای اطراف و مجاور و یا مایع بین باقی (با ترکیب مشابه) وارد واکنش شده و بر طبق معادله

+ اولیون (غنی از فورستریت)

(یا مایع مشابه پلاژیوکلاز) پلاژیوکلاز غنی از An

(غنی از Ti, Fe) اسپینل + پیروکسن =



منجر به تشکیل بافت و ساخت کرونا و مخصوصاً تشکیل فازهای جدید پایدار یعنی پیروکسنها و اسپینل‌های غنی از Fe-Ti شده است. این بافت نوعی رشد متداخل یا (Symplectitic Texture) مجموعه فازهای درگیر را نشان می‌دهد (شکل ۱). دلایل عینی و شواهد فیزیکی و شیمیایی موبد این واقعیت است که واکنش بشکل مذکور اتفاق افتاده است.

محاسبات زمین گرماسنجی و زمین فشارسنجی Geothermometry & Geobarometry بر اساس اکسیدهای آهن و بنایوم دار یا اسپینل‌های همراهِ و همزیست با استفاده از روش پوینگتون - لیدزلی و مخصوصاً پاوول و پاوول (Powell & 1977) انجام گرفته است. از دو معادله زیر قادر به حساب درجات حرارتی بین  $1120^\circ\text{C} - 850^\circ\text{C}$  درجه برای اینگونه زینولیتها و درجه حرارت متوسط  $852^\circ\text{C}$  برای این نمونه و نمونه مشابه آن گردیده ایم.

معادله ۱ :

2- mt = magnetite, hem = haematite, Ulv = Ulvospinel, ilm = ilmenite,  $a_{\text{O}_2}$  = Oxygen activity.



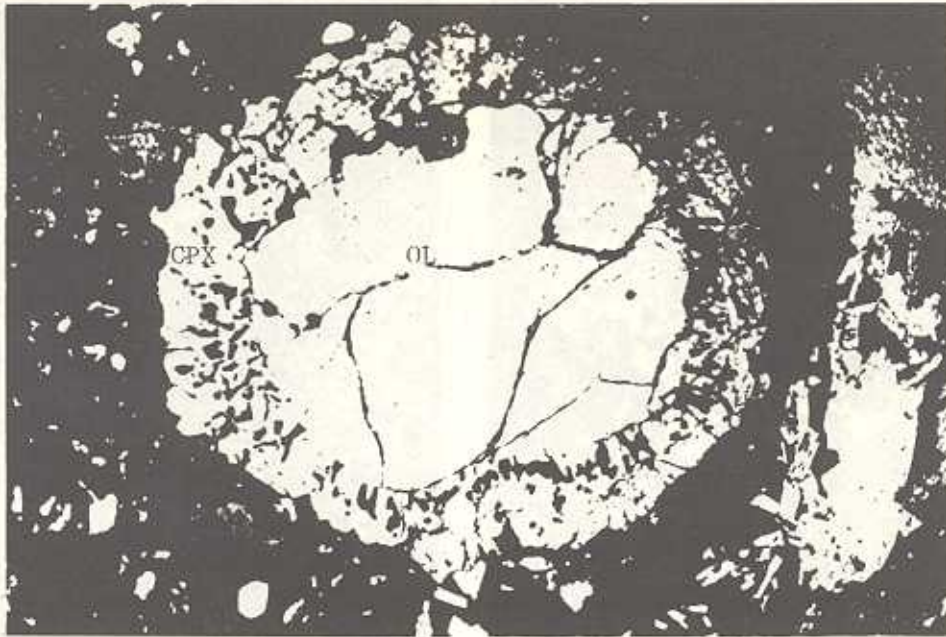
- نوع دوم از ساختهای کرونا مربوط به زینولیت‌های یافت شده از انواع اولترامافیک و اختصاصاً دونایت و ورلایت (Wehrlite) (Dumite) هستند. تشکیل این نوع ساختهای کرونا چه از نظر شرایط فشار و حرارت و نتیجتاً عمق تشکیل و چه از نظر نوع واکنش و مقیاس انجام آن با نوع اول یعنی نمونه های گابرونی متفاوت است. در نمونه های اخیر یعنی اولترامافیکها، فازهای اصلی تشکیل دهنده عبارتند از اولیون، کلنوپروکسن همراه با تیغه های اورتوپروکسن و کرم اسپینل هم بصورت تیغه هائی در داخل کلنوپروکسینها (بیشتر از نوع کرم دیوسید) و هم بصورت بلورهای تمام شکل در داخل مخصوصاً اولیونها است. در نمونه های قبلی، فاز ناپایدار اصلی یعنی مرکز کروناها اولیون بود در حالیکه در اینجا فاز ناپایدار اصلی بلورهای اسپینل غنی از Al است که در اثر واکنش از نوع Solidus - Sub با فازهای اطراف خود مخصوصاً کلنوپروکسن (کرم دیوسید) و احتمالاً فاز سیلیکاته دیگری مربوط به مرحله تاخیری فازهای کومولوس (Post Cumulus) با ترکیب پروکسن وارد واکنش شده و تبادل یون نموده است.

فلسفات پلازیوکلاز در هیچ مقیاس و میزان قابل ذکری در این نمونه ها موجود نیست، مگر در داخل همین بافتهای کرونا که مطمئناً بر اثر انجام واکنش میان فازهای مختلف مذکور حاصل شده است و نسبت به فازهای کومولوس و اولیه کاملاً تاخیری و ثانوی است. و لذاست که فقط بصورت فاز حاصل از واکنش فازهای اولیه با همدیگر و احتمالاً با مایعهای بین بافتی احتمالی تشکیل یافتهای متداخل از نوع Symplectitic Textures و نتیجتاً (Corona Textures) بافت کرونا را می دهد. که مجموعه ای از فازهای اولیون پروکسن و اسپینل خواهد بود. (شکل ۲).

از نظر اندازه نیز این کروناها با کروناهای قبلی تفاوت دارند. به عبارت دیگر اندازه کروناهای قبلی در حد درشتی و بزرگی دانه های اولیون یعنی ۲ - ۵ mm است در حالیکه کروناهای دسته دوم در حد و اندازه اسپینلها یعنی ۱۲۰ - ۵۰ میکرون خواهد بود و لذا

مطالعه آنها در حد درشتیهای های زیاد و حد استفاده از الکترون میکروبراب خواهد بود در نوع اول به علت وجود آب (عاماً پایین آمدن درجه ذوب و انجاء ذوب بخشد نمی توان ندیده گرفت در حالیکه در نوع وجود کانیهای هیدروکسیل دار وجود ندارد ذوب بخشدن و دخالت آن در تشکیل بافتهای این نمونه ها علیرغم درجه حرارت بالاتر و کم که تشکیل کرونا فقط از طریق واکنش Cumulus یونها از طریق انتشار (Diffusion) و از در گرفته است. این موضوع بنا بر دلایل قابل مشاهده های شیمیایی نقاط مختلف فازهای درگیر در آنها بر روی نمودارها و نیز نقشه های تهن عناصر مختلف در فازهای موجود در بافت بخوبی قابل اثبات است (شکلهای ۳ و ۴) تبادل کاتیونها چه دو ظرفیتی و یا سه ظرفی تمرکز هر یک در بخشهای مختلف کروناها است. این جانشینی اتمی با توجه به میزان تشکیل اسپینلهای غنی از کرم از اسپینلهای واکنش انجام شده میان اسپینلهای اولیه غنی مربوط به مراحل تاخیری بعد از کومولوس عدسی ماندها یا جیب ها و پاکتهای ماگما مربوط به فازهای کومولوس به تله افتاده است. انجام این واکنشها هم از طریق درز و شکستگی های موجود در جامد از طریق درز و شکستگی های موجود در جامد از میان فاز جامد پرورش انتشار یافته است. بهترین حالت جانشینی اتمی در اسپینلها از یکطرف و بین  $Mg^{2+}$  و  $Fe^{2+}$  از طرف دیگر سایر کاتیونها یعنی  $Fe^{3+}$ ،  $Ti^{4+}$  و  $Al^{3+}$

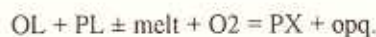


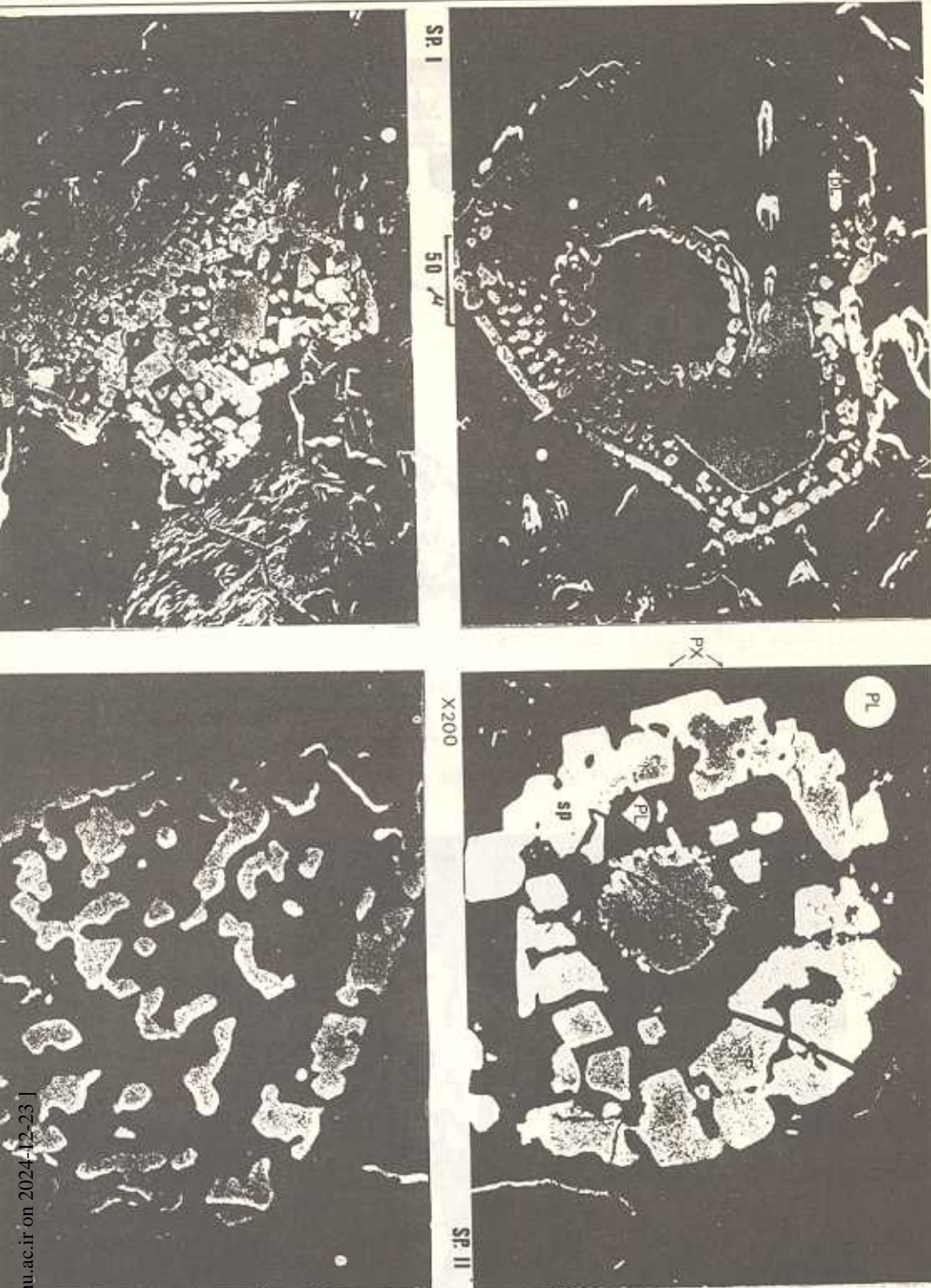


شکل شماره a ۱: نمایش بافت کرونا در کرسوتیت - پیروکسن - پلاژیوکلاز - اسپینل - اولیوین - گابرو نوریت زینولیت شماره ۴۳۹۶ از جزیره سانومیگل ناحیه پونتا د فراریا (Sao Miguel ; Ponta de Ferraria). بطوریکه مشاهده می‌شود ناپایداری اولیوین بسبب انجام واکنش میان آن و پلاژیوکلازهای اطراف و یا مایع بین بافتی مشابه ترکیب در جهت تشکیل پیروکسن و اکسیدهای غنی از آهن و تیتانیوم و نهایتاً بافت کرونا گردیده است. هسته اولیوین بوسیله رشد متداخل و Symplectic سایر فازها نگیب وار در بر گرفته شده است.



شکل 1.b: قسمتی از بافت کرونا با بالا با بزرگنمایی بیشتر.  $\times 200$  در نور پلاریزه. مشاهدات فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهند که واکنش زیر به احتمال زیاد انجام پذیرفته است.





شکل ۲: I-IV : تصاویر نشان دهنده الگوها و طرح‌های مختلفی از بافت‌های یکر و ناهمگنی‌های مختلف در مجموع‌ه‌های یکر و اسپینل I-IV می‌باشد. این گروه اسپینل‌ها در دماهای ۴۹۳۷ مادیار وجود دارد. توجه کنید که مجموع‌ه‌های I-IV هر اخل مختلف‌ترین بافت‌ها را از آن‌ها نشان می‌دهند. تصاویر بظرفه (BSI) با الکترون میکروویز ابسته شده است و شدت و ضعف رنگها از نظر تراکم (در اینجا روشنایی) متناسباً شدت تغییر ترکیب شیمیایی در اسپینل‌ها است. سعی شده است تا سز حد امکان تصاویر روی هر شکل نامگذاری مشخص گردد.

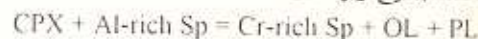


داشته و کمبودهای ناشی از تبادل کاتیونی میزان فازهای اصلی ( $Fe^{2+}$ , Mg, Cr, Al) را جبران می‌کرده‌اند.

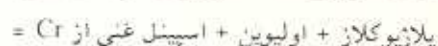
در کرونا انتخاب شده برای بررسی که کرونی شکل است انجام واکنش احتمالا از طریق تماس مستقیم با کلیتوپروکسن شماره ۲ CPX<sub>4</sub> (که خود این کلیتوپروکسن محتوی تیغه‌هایی از اورتوپروکسن OPX و نیز اسپینل می‌باشد) یا با مایع بین بافتی با همین ترکیب در دو جبهه یعنی هم از خارج اسپینل و هم از درون آن انجام شده است و نهایتا منجر به تشکیل بافت و ساخت کرونائی مطابق شکل ۲ شده است. که از لایه‌های نسبتا متحد المرکز با بخش مرکزی محو شده (احتمالا هنگام تهیه مقطع قسمت مرکزی آن حذف شده است) که تقریبا شبیه به تقسیمات داخلی زمین است گردیده است. بخشهای مختلف این بافت بترتیب از داخل به خارج شرح زیر است:

- ۱- هسته یا مغزه که از بین رفته است. به ضخامت تقریبا ۳۰ میکرون و ترکیب اولیه اسپینل غنی از Al.
  - ۲- پوشش داخلی Inner Shell به ضخامت ۲۰ میکرون و ترکیب اولیه اسپینل غنی از Al و ترکیب فعلی غنی از کرم.
  - ۳- پوشش میانی Middle Shell به ضخامت ۶۰ میکرون و ترکیب اولیه غنی از Al و ترکیب فعلی غنی از Cr و Al.
  - ۴- پوشش خارجی Outer Shell به ضخامت ۲۰ میکرون با ترکیب اولیه غنی از Al و ترکیب فعلی غنی از Cr.
  - ۵- حاشیه Rim به ضخامت ۲۰ میکرون.
- واکنش انجام شده در کرونا فعلی که منجر به تشکیل بافت

موجود شده بشرح زیر است:



= اسپینل غنی از Al + کلیتوپروکسن (کرم دی‌وکسید)



تغییرات و ترکیب کانی شناسی فازهای درگیر در واکنش‌های فوق در جدول شماره یک نشان داده شده است که با توجه به همه شواهد موجود بدون هیچ تردیدی واکنش تبدیل اسپینل‌های غنی از Al به اسپینل‌های غنی از کرم Cr انجام شده است و دامنه تغییرات

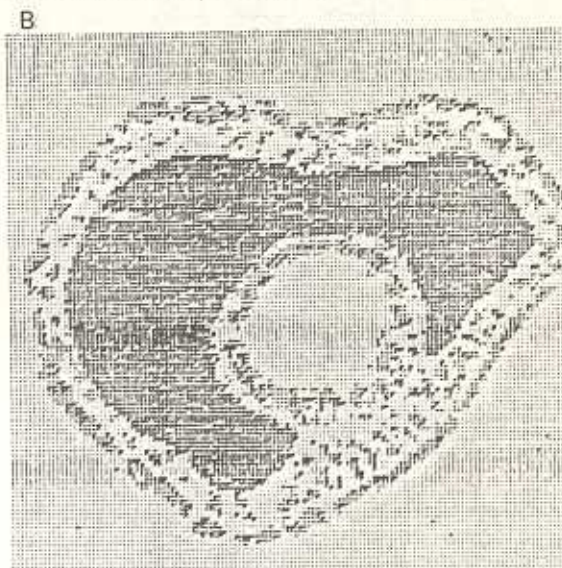
عناصر مربوط در بخشهای مختلف کرونا تابع میزان جانشینی کاتیونهای مربوط در هر مورد بوده است. با توجه به نحوه توزیع عناصر در بخشهای مختلف کرونا می‌توان نتیجه گرفت که اسپینل‌های غنی از  $Al^{3+}$  دارای پایداری بیشتری در مقابل حرارت و فشار نسبت به اسپینل‌های غنی از کرم است. بدین ترتیب به هنگام کاهش فشار و حرارت کاتیونهای  $Al^{3+}$  در ترکیب اسپینل جای خود را به کاتیونهای  $Cr^{3+}$  داده، خود بخشا در جهت تشکیل پلازیوکلاز (PL) وارد عمل می‌شوند. با توجه به کارهای تجربی (Ringwood et. al.) رینگوود و همکاران امکان پایداری فلدسپاتهای پلازیوکلاز از اعماق منطبق بر فشار بیش از ۱۰ کیلوپار یعنی حدودا ۳۰ کیلومتر بیشتر نیست و لذا شروع این واکنش باید در چنین اعماقی باشد. شروع و خاتمه اینگونه واکنش‌ها و تشکیل ساختارهای کرونا بستگی به شرایطی چند دارد که در صورت وجود شرایط ایده آل دامنه گسترش ساخت کرونا می‌تواند به همه قسمت‌های آن ادامه یابد یعنی اینکه کلیه فازهای پایدار قبلی که در شرایط جدید ناپایدارند با یکدیگر و با مایع بین بافتی و یا حتی ماگمای میزبان وارد واکنش شده در جهت تشکیل فازهای پایدار جدید پیشرفت خواهد نمود.

- نتایج حاصله از ژئوترموستری و ژئوبارومتري برروری ژئولیت‌های حاوی این بافت‌های مخصوص کرونا براساس روش اولیون - اسپینل حرارت سنجی که توسط روندرو و همکاران ۱۹۷۹ (Roeder et. al.) پیشنهاد شده درجات حرارتی  $1146^{\circ}C$  -  $1350^{\circ}C$  (بطور متوسط  $1220^{\circ}C$ ) برای تشکیل این فازها حساب شده است. این بدان معنی است که حرارت تشکیل اسپینل‌های غنی از Al باید در حرارتی حتی بالاتر از  $1350^{\circ}C$  اتفاق افتاده باشد. چه آنچه که هم اکنون بررسی‌ها بر مبنای آن انجام می‌شود در واقع شرایط قبلی بسیاری را پشت سر گذاشته و این نتایج در واقع منعکس کننده آخرین شرایط تحمل شده از سوی ترکیبات موجود است. این مسئله می‌تواند بدلیل تبادلات یونی گاه محدودی باشد که در بخشهای کم عمق تر لیتوسفر احتمالا اتفاق افتاده است.



نقشه توزیع Al منهای Ca برای کرم اسپینل ۱ نمونه ۴۹۳۷

نقشه توزیع کسرم در کرم اسپینل ۱



نقشه توزیع Si در کرم اسپینل ۱ شماره ۱

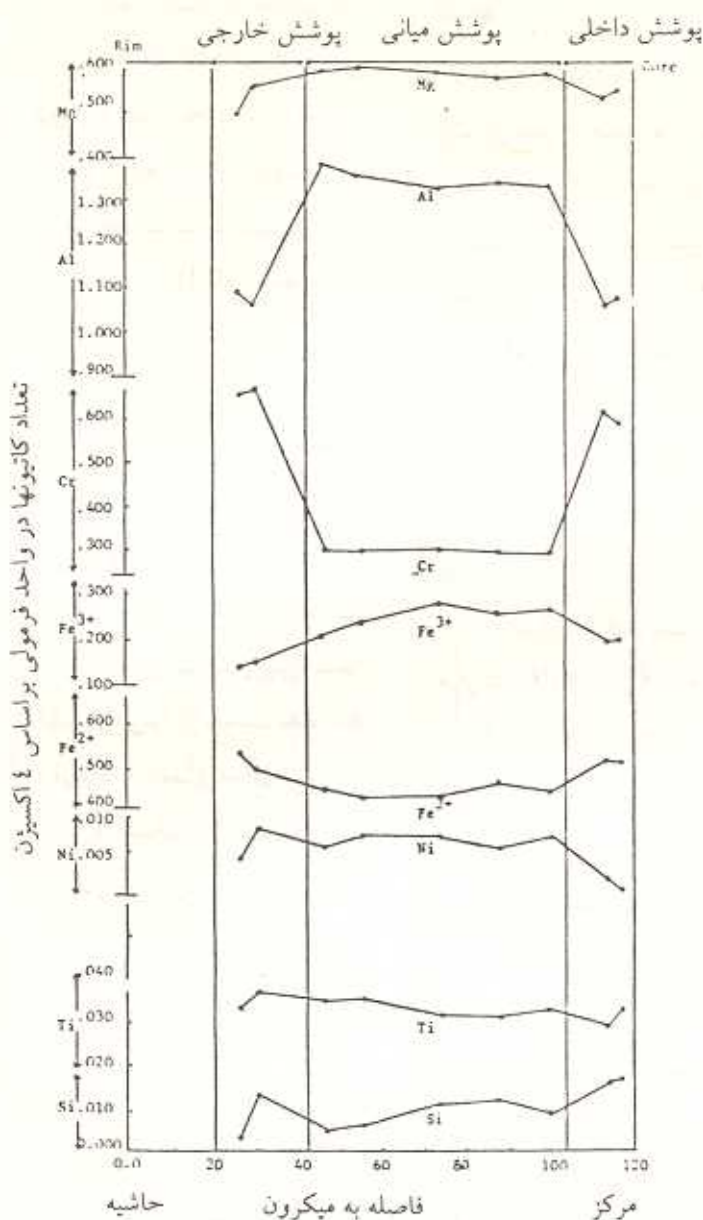


نقشه توزیع Mg در کرم اسپینل ۱ نمونه ۴۹۳۷



شکل ۳ a-d: نمایش دیزیمپهانی برای کرومات شماره ۲ از زینولیت فوق مافیک ورلینی ۴۹۳۷ مادیرا، که در آن ترتیب تو (فقط برای فاز اسپینل)، Si (برای فازهای سیلیکاته، Mg (برای کلیه فازهای مورد بحث) نشان داده شده است. توجه داشت تراکم نقاط بر روی دیزیمپ تقریباً متناسب با میزان تمرکز آن عنصر بخصوص در فاز یا فازهای مورد نظر است. نقاطی که فازهای مختلف بر روی آن انجام شده بوسیله دایر توپر مشخص شده است.

- ۱- هسته (بخش مرکزی که خالی است و ترکیبش نامعلوم است) ۲- حلقه داخلی: a = اسپینل غنی از Cr، b = پلاژیوکلاز
  - ۳- بخش ضخیم و حجیم میانی (mantle) = اسپینل نسبتاً غنی از Al و فقیر از Cr
  - ۴- قشر خارجی (حلقه خارجی تر) شامل: a' = اسپینل غنی از Cr، b' = پلاژیوکلاز، c' = آثار اولیوین و پیروکسن.
  - ۵- حلقه اولیوین ۶- حلقه کلینو پیروکسن (کلینو پیروکسن، اورتوپروکسن، اسپینل اکسلوشن). دیزیمپها (groups)
- الکترون میکروپراب تهیه شده است. درشتنمایی  $\times 600$



**شکل ۴:** نمایش ترتیب توزیع عناصر و روند تغییراتشان از مرکز به حاشیه مطابق نقاطی که بر روی شکل ۳ مشخص شده است. این نقاط مربوط به کرومای شماره ۲ از زینولیت اولترامافیک ورلیتی شماره ۴۹۳۷ می باشد که از جزیره مادیرا برداشت شده است. به انطباق عالی (منفی) میان تمرکز مقادیر  $Al^{3+}$  و  $Cr^{3+}$  که نشاندهنده جانشینی کامل این کاتیونها در ترکیب بخشهای مختلف اسپینل در مجموعه می باشد توجه کنید. روند کلی تغییرات برای کاتیونها و فقط برای اسپینل نشان داده شده است. با توجه بیشتر به نمودار در خواهیم یافت که نحوه انطباق مثبت یا منفی کاتیونها مخصوصاً بر روی جفت کاتیونهای  $Al^{3+} + Mg^{2+}$  در مقابل  $Cr^{3+} + Fe^{2+}$  نسبت به بقیه کاتیونها مشخص تر است. مجموعه این تغییرات با شرایط فیزیکی شیمیایی حاکم بر محیط تشکیل کرونا بستگی دارد.



## نتیجه :

- ۱- یافته‌های کرونا بر اثر ناپایداری بعضی از فازها اولیون غنی از منیزیم و اسپینل‌های غنی از Al و Ti نتیجه کاهش فشار و حرارت و کلاً تغییر شرایط فیزیکی زینولیتها بر اثر انجام واکنش با فازهای ناپایدار مجاور مایعهای بین بافتی مربوط به کومولوس تاخیری (amulus) حتی ماگمای میزبان از طرق تماس مستقیم نفوذ و انتشار Sub - Solidus اتفاق می‌افتد.
- ۲- یافته‌های کرونا در زینولیت‌های گابرونوریتی کرونا هسته و مرکزیت اولیون و در مقیاس ۵ - ۳ میلی‌متر مطابق معادله  $OL + Liq = PX + SP$  حاصل می‌شود.
- ۳- شرایط تشکیل یافته‌های کرونا در زینولیت‌های گابرونوریتی کرونا در  $1120^{\circ}C$  تا  $850^{\circ}C$  و فشار کمتر از ۹ کیلوبار است.
- ۴- کروناهای موجود در زینولیت‌های اولترامافیک ناپایدار اسپینل غنی از  $Al^{3+}$ ،  $Mg^{2+}$  و  $Fe^{2+}$ ،  $Cr^{3+}$  و  $Fe^{3+}$  و سپس غنی از  $Fe^{2+}$ ،  $Ti^{4+}$ ،  $Fe^{3+}$  این تغییر تدریجی کاتیون‌ها از  $Mg^{2+}$ ،  $Al^{3+}$  به  $Fe^{2+}$ ،  $Fe^{3+}$ ،  $Ti^{4+}$ ،  $Fe^{3+}$  هم‌هنگام با جهت کم‌تر و فعالیت بیشتر یون اکسیژن ( $a_{O_2}$ ) می‌باشد. جهت کاهش عمق پیش خواهد رفت.
- ۵- نتایج ژئوترموتری و ژئوبارومتري عمق تشکیل اسپینلها و پیروکسنهای اولیه را اعماق منطبق بر فشارهای ۱۰ kb و تا ۳۰ kb تعیین می‌کند. حرارت تشکیل آنها ماگمایی بوده تا  $1350^{\circ}C$  می‌رسد یعنی مانند یا حتی بالاتر از آن.
- ۶- تشکیل یافته‌های کرونا در این زینولیت‌ها در Sub - Solidus و اعماق منطبق بر فشارهای کمتر از ۱۰ کیلوبار می‌باشد. و حرارت تشکیل آنها نیز تابع شرایط این است.

- وجود کلینوپيروكسنهای از نوع کرم دیوسید که محتوی تیغه های اورتوپيروكسن Exsolved Orthopyroxene Lamellae از نوع پروگزیت که مجاور اسپینلها و کروناهای مورد بحث است امکان محاسبه درجه حرارت تشکیل و در واقع شرایط تعادل پیروکسنها در زمان تشکیل را فراهم می‌سازد. در این محاسبات مناسبترین روش چیزی است که یوسل لندلی (D.H. Lindsley) ۱۹۸۳ پیشنهاد شده است. بر طبق این روش چنانچه فشار ۱۰ کیلوبار را بپذیریم درجات حرارتی بدست آمده دارای دامنه ای بین  $1000^{\circ}C$  تا  $1150^{\circ}C$  خواهد بود. این درجات حرارتی شرایط تعادلی Sub - Solidus را ایجاد می‌کند. در حالیکه درجات حرارتی محاسبه شده برای همین نمونه ها و نمونه های مشابه با استفاده از روش اولیون - اسپینل حرارت سنجی درجات حرارتی ماگمایی یعنی تا  $1350^{\circ}C$  را نشان می‌دهد که چنانچه این درجه حرارت را بر روی نمودارهای هم فشار پیروکسنها منتقل کنیم معادل فشار تا ۳۰ کیلوبار می‌تواند بدست دهد. به عبارت دیگر عمق تشکیل زینولیتها مربوط به اعماق معادل فشار ۱۰ تا ۳۰ کیلوبار است. در حالیکه شرایط تشکیل کروناها احتمالاً مربوط به اعماق معادل و منطبق بر فشار ۱۰ کیلوبار تا کمی بالا و پایین این مقدار است. بهرحال بهمان ترتیب که زینولیت در اعماق کمتر و در نتیجه در شرایط فشار و حرارت پایین تری مستقر می‌گردد مسئله غنی شدن اسپینل از آهن  $Fe^{2+}$ ،  $Fe^{3+}$  و Ti و فقیر شدن آن از  $Mg^{2+}$ ،  $Cr^{3+}$ ،  $Al^{3+}$  ادامه خواهد یافت و بر میزان تشکیل پلاژیوکلاز افزوده خواهد شد. مسئله تبادل یون در یافته‌های کرونا تا تبدیل اسپینل‌های کاملاً غنی از Mg، Cr، Al به اکسیدهای آهن و تیتانیوم ادامه خواهد یافت که تشکیل این اکسیدها موبد فشار و حرارت‌های بسیار پایین تر است (شکل ۳) و دلیلی بر فعالیت بیشتر اکسیژن در این محیط‌ها است.

جدول شماره ۱ - نمایش بعضی از مشخصه های شیمیایی مربوط به ساخت کرونا از گمبلکس شماره ۲ زئولیت ۴۹۳۷ جزیره مادیرا

شماره ها به ترتیب است که بر روی شکل شماره ۲ مشخص شده است														
ملاحظات	Mg, No An %	Na	Ni	Ca	Mg	Mn	Fe <sup>3+</sup>	Cr	Al	Ti	Si	شماره کاتیونها برینای واحد فرمولی: SP=4(0), PL=8(0), CPX=6(0), OL=4(0) کاتیونها برینای واحد فرمولی: SP=4(0), PL=8(0), CPX=6(0), OL=4(0)	نوع	شماره ها به ترتیب است که بر روی شکل شماره ۲ مشخص شده است
غنی از Fe <sup>3+</sup> , Cr	60.7	0.383		0.540		0.210	0.510	0.580	1.070				اسپینل	(۱) هسته (فضای خالی - نامعین)
			0.893			0.250	0.444	0.299	1.350				پلاژیوکلاز	(۲) حلقه یا پوشش داخلی
	57.6	0.430	0.520			0.159	0.546	0.632	1.405				اسپینل	(۳) حلقه یا پوشش ضخیم میانی (جبهه)
نسبتا غنی از Cr, Al	81.0	-	0.004	0.007	1.590	0.005	0.369	0.013	0.028	0.001	0.981	2.400	پلاژیوکلاز	(۴) حلقه یا پوشش خارجی
نسبتا فقیر از Cr, Al	81.6	-	0.003	0.007	1.632	0.000	0.000	0.365	0.002	0.008	0.986		اولیون مجاور به اسپینل	(۵) حلقه اولیون
	80.85												اولیون مجاور به کلیتوپروکسن اصلی	
	81.60												کلیتوپروکسن اصلی	(۶) کلیتوپروکسن اصلی



جدول شماره ۲- نمایش نتایج تجزیه شیمیایی فازهای موجود در زینولیت (۴۹۳۷) نوع ورلیت که محتوی کرومای ۲

درصد اکسید ها در اولین	اوزتو پیروکسن		پلازیوکلار		کلینو پیروکسن		اسپینل از کمپلکس II	
	درصد اکسید ها	تعداد کاتیون بر مبنی O <sub>6</sub>	درصد اکسید ها	تعداد کاتیون بر مبنی O <sub>8</sub>	SA378 درصد اکسید ها	تعداد کاتیون بر اساس O <sub>6</sub>	حلقه داخلی SA2516	بخش ضخیم Mantle SA2517
38.60	53.35	1.893	52.36	2.391	51.863	1.861	0.58	0.30
0.05	0.31	0.003	0.18	0.006	0.492	0.013	1.28	1.54
0.39	3.45	0.144	28.99	1.561	5.292	0.223	29.93	39.53
0.3	0.43	0.012	0.40	0.014	0.534	0.015	25.88	13.24
17.99	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.93 9.35 FeO	0.051 0.277	1.14	0.039	8.895	0.267	8.34 Fe <sup>3+</sup> 20.42 FeO	12.44 18.66 FeO
0.27	0.21	0.006	0.03	0.001	0.190	0.006	0.30	0.14
41.77	29.54	1.562	0.01	0.000	24.114	1.290	11.92	14.00
0.15	0.96	0.037	11.79	0.577	7.974	0.307	0.13	0.00
0.22	0.06	0.000	0.01	0.000	0.030	0.001	0.09	0.30
-	0.11	0.007	4.51	0.399	0.753	0.052	V=0.53	0.40
-	0.02	0.001	0.27	0.016	0.000	0.000	Zn=0.10	Zn=0.33
99.46	99.67	3.999	99.69	5.005	100.109	4.034	99.71	100.88
80.3	82.3		An%		82.5			
			59.3					

## References :

1. Allegre, C.J. (1985) 'Geodynamic mixing in the mesosphere boundary layer and the origin of oceanic islands. *Geophys. Res. Lett.* 12, No.4, 207 - 210.
2. Davies G.R., Norry M.J., Geralch D.C. and Cliff R.A. (1987). A combined chemical and Pb - Sr - Nd isotope study of the Azores and cope Verde Hot - Spots; the geodynamic implications (personal communication).
3. Davies G.R. 1988 (Personal Communication).
4. Hammarstrom J.C., & Zen, E-An 1986. Aluminum in hornblende: an empirical igneous geobarometer. *Am. Mineral.* 71, 1293 - 1313.
5. Hofman, A.W., & White, W.M. (1982). Mantle Plumes from ancient oceanic crust. *Earth Planet. Sci. Lett.* 57, 421 - 436.
6. Lindsley, D.H. (1983) Pyroxene Thermometry. *Am. Mineral.* 68, 477 - 493.
7. McKenzie, D. & O'Nions, R.K. (1983) Mantle reservoirs and ocean island basalts. *Nature*, Vol. 301, 229 - 230.
8. Norry, M.J. and Saunders, A.D. 1988 (personal communication) The Significance and consequences of Pb and Ta anomalies in Terrestrial magmas.
9. Powell, R. 1978 *Equilibrium Thermodynamics in Petrology; an introduction*. London, Harper & Row.
10. Powell, R., & Powell, M. (1977 a) Geothermometry and oxygen barometry using coexisting iron - titanium oxides; a reappraisal. *Mineral. Mag.* 41, 257 - 263.
11. Ringwood R.E. (1982) *J. Geol.*, 90(6), 611 - 43.
12. Roeder, P.L. et. al. (1979) A re-evaluation of the olivine spinel geothermometer. *Contrib. Mineral. Petrol.* 68, 1-11.
13. Schilling, J.G. (1975) *Earth, Planet. Sci. Lett.* 25, 103 - 115.
14. Schilling, J.G. 1977. Initial Reports of the DSDP 38, 741 - 750.
15. Zindler, A., & Hart, S. (1986) chemical geodynamics. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 14, 493 - 571.

### *Corona textures and their applications in the determination of the physico - chemical conditions governing their environment of formation*

*Amini, Sadreddin*

*Department of Geology, Tarbiyat Moallem University, Tehran, Iran*

## Abstract :

From the corona texture and upon the basis of chemical analysis it is suggested that a Forsteritic olivine has reacted extensively with plagioclase, resulted in the formation of new phases, PX and SP. However, one possibility for the formation of corona textures is sub - solidus reactions between the involved phases present. This implies changes of pressure and temperature conditions at a continuous rate, over a long period of time. Another possibility is the involvement of postcumulus trapped magmatic liquid, as small pockets of magma, which is common in cumulate materials.



## میکروفاسیس ها و محیط رسوبی سازند مبارک در خاور تهران

یعقوب لاسی - رحیم مهاری

گروه زمین شناسی - دانشگاه تربیت معلم تهران

### چکیده

سازند مبارک که مربوط به زمان کربونیفر زیرین (Viscan, Tournaisian) می باشد بیشتر از سنگهای کربناته پلانفرمی تشکیل شده است. بررسی دقیق پتروگرافی این سازند در مقاطعی از پال جنوبی تا قدیس آینه و رزان - دلچای (در البرز مرکزی) به شناسایی ۹ میکروفاسیس مشخص و ۲ گروه میکروفاسیس منجر گردید. این میکروفاسیس ها و زیرمحیط های تشکیل دهنده آنها که بصورت کمربندهای موازی ساحل قرار داشته اند از دریا به سمت خشکی شامل میکروفاسیس های دریایی باز، سدی، لاگونی و پهنه کشندی می باشند.

مدل رسوبی سازند مبارک بیانگر یک دریای وسیع و کم ژرفایی است که از کنار هم قرار گرفتن میکروفاسیس هایی که با یکدیگر ارتباط نزدیک داشته اند ساخته شده است. حرکت جانبی زیرمحیط های رسوبی از خشکی به سمت دریا به همراه رسوبگذاری میکروفاسیس های مربوطه موجب تشکیل سیکلهای کم ضخامت پس رونده گردیده است که بروی یک سیکل بزرگ مقیاس کم عمق شوند قرار گرفته اند.

با توجه به نوع میکروفاسیس ها و زیرمحیط های مربوط به آنها، وجود بلورهای دروغین کلسیتی بعد از کانیهای تبخیری، چگونگی توالی میکروفاسیس ها و سیکلهای رسوبی تشکیل شده و مقایسه آنها با محیطهای کربناته عهد حاضر.

محیط رسوبی سازند مبارک دریای کم ژرفای کم رمپ (Ramp) با شرایط آب و هوایی گرم و خشک، مشابه سواحل جنوبی خلیج فارس (Trucial Coast) در نظر گرفته شده است.

### مقدمه

رشته کوههای البرز از نظر زمین شناسی از منظر ای شمار می آید. ارائه پالئوژئوگرافی دقیق در زمانها و ارتباط آنها و نیز مقایسه قسمتهای مختلف البرز بدون مطالعات محیطهای رسوبی امکان پذیر نخواهد بود. این راستا مطالعه محیطهای رسوبی هر کدام از جهت بوجود آمدن دانش پایه ای برای حل و توضیح زمین شناسی و تکتونیکی ایران و نیز مشخص کردن اقتصادی لازم و ضروری است.

سازند آهکی مبارک با سن کربنیفر زیرین رسوبی قبل از شروع فاز هرمسی نین در حوضچه واحد ساختمانی - رسوبی البرز - آذربایجان می باشد که بر روی طبقات سازند خوش بیلابی قرار گرفته است و مرز بالایی آن با ناپیوستگی مشخص می شود.