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

دکتر صدرالدین امینی

گروه زمین شناسی - دانشکده علوم - دانشگاه تربیت معلم تهران

ه بافتهای کرونا براساس تجزیه شیمیائی نقطه ای، به طریقه B.S.E.I و تهیه نقشه های توزیع عناصر با یکهای قابل انجام با دستگاه الکترون میکروپراب بر وجود مورد بررسی. حدس زده می‌شود که بین رستریتی و پلاژیوکلازهای آنورتیتی واکنشی عمیق حاصل آن تشکیل فازهای جدید از جمله پیروکسن و تا بافتهای کرونا می‌باشد. بهرحال، یک امکان برای ی کرونا واکنشهای انجام یافته در شرایط زیر جامد s) میان فازهای درگیر موجود است. این مورد تغییر و فشار با نرخی مستمر و در طی یک دوره زمانی اب می‌نماید. امکان دیگر برای تشکیل بافتهای کرونا درگیری فاز مایع ماگمائی تاخیری به تله افتاده در ماگمائی با فازهای جامد قبلی باشد. واکنشی که در چیزی معمول و عادی است.

این مقاله مطالعه بافتهای کرونا Corona textures ولیتهای اولترامافیک و مافیکی است که از مانتو فوقانی 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) یا فیزیکو شیمیائی محیط تشکیل در طی زمانی طولانی و با نرخی تدریجی بوجود می‌آیند و دارای تنوع بسیار زیاد و غالبا پیچیده می‌باشند. با توجه به ساختمان و بافت خاص موجود در این کروناها و واکنشهائی که منجر به تشکیل آنها شده است می‌توان نتایج جالبی از سرگذشت آنها در مسیری که تا سطح زمین طی کرده اند بدست آورد. به عبارت دیگر کروناها دارای ویژگیهای بافتی خاصی هستند که همچون آینه می‌توانند 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

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

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

در زینولیتهای نوع گابروئی (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. اولیوین در شرایط جدید ناپایدارترین فاز بوده و لذا با پلاژیوکلازها و مایعهای ماگمائی بین بافتی و یا حاصل از ذوب مواد بین بافتی Interestitial 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:

Mg (OL) + (Liq) PL = PX + (Fe-Ti) SP (oxides)

این نوع کروناها که مربوط به زینولیتهای نوع گابروئی می‌باشد مربوط به اعماق کم بوده برای تشکیل آنها فشار ۹/۵ - ۸ کیلوبار و حرارت ۱۱۶۰°C - ۸۵۰°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 نهایتا منجر به ایجاد واکنشهائی از نوع محلول جامد Solid - solution و تحت جامد Sub - solidus بین اسپینل غنی از آلومینیوم از یکطرف و فازهای اطراف آن (پیروکسنها و احتمالا مایعهای ماگمائی بین بافتی) از طرف دیگر و انجام واکنشهائی در جهت تشکیل کروناها گردیده است.

مطالعات انجام شده با الکترون میکروپراب (Electron Micro - Probe) تجزیه شیمیائی نقطه به نقطه فازهای مربوطه، تصویرهای گرفته شده بطریقه B.S.I (Back Scattering Image) و تهیه دیزی مپ Digimaps از کروناها ما را قادر ساخته است تا کلیه جزئیات واکنشهائی را که منجر به تشکیل چنین ساخت و بافتهائی شده است بازشناسی کنیم. همچنین با استفاده از کارهای تجربی دیگران برروی شرایط پایداری فازهای مختلف می‌توان شرایط ترمودینامیکی حاکم بر محیط تشکیل کروناها را پیش بینی نمود، که این شرایط می‌توانند به کل سنگ دربرگیرنده نیز تعمیم یابد. به عبارت دیگر وجود کروناهای مختلف می‌توانند به عنوان شاخصهائی عمل نمایند 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 (کرونای شماره ۱) *

1 CPX + 0.762 Al-rich SP = 0.672 OL
+ 0.481 PL + 0.572 Cr-rich SP

(کرونای شماره ۲)

1 CPX + 4.117 Al-rich SP = 1.967 PL
+ 2.010 OL + 0.506 Fe-Ti rich SP

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 مافیک می‌توانند با مایعهای ماگمایی کومولوس تاخیری (Postcumulus) یا شیشه های بین بافتی واکنشهائی 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 ها آثار و نشانه هایی از نوع ذوب بخشی زینولیتها بهمراه دارد.

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

---

* CPX = کلینو پیروکسین ، SP = اسپینل ، OL = اولیوین ، PL = پلاژیوکلاز
اولیوین غنی از منیزیوم = 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 Al = Al - rich SP

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

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

بدین ترتیب زمانیکه شرایط لازم برای پایداری اولیوینهای فورستریتی (Forsteritic Olivines) فراهم نبوده، آنها با پلاژیوکلازهای اطراف و مجاور و یا مایع بین بافتی (با ترکیب مشابه) وارد واکنش شده و برطبق معادله

+ اولیوین (غنی از فورستریت)

(یا مایع مشابه پلاژیوکلاز) پلاژیوکلاز غنی از An

(غنی از Ti ، Fe) اسپینل + پیروکسن =

$$OL_{FO} + PL\ (liq) = PX + SP\ (rich\ in\ Fe - Ti)$$

منجر به تشکیل بافت و ساخت کرونا و مخصوصا 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 موید این واقعیت است که واکنش بشکل مذکور اتفاق افتاده است.

محاسبات زمین گرماسنجی و زمین فشارسنجی Geothermometry & Geobaromretry براساس اکسیدهای آهن و تیتانیوم دار یا اسپینلهای همراه و همزیست با استفاده از روش بوینگتون - لیندزلی و مخصوصا پاوول و پاوول (Powell & Powell - 1977) انجام گرفته است. از دو معادله زیر قادر به حساب درجات حرارتی بین ۱۱۲۰°C - ۸۵۰°C درجه برای اینگونه زینولیتها و درجه حرارت متوسط ۸۵۷°C برای این نمونه و نمونهٔ مشابه آن گردیده ایم.

معادلهٔ ۱ :

$$\ln K_D = \ln[(X_{Ulv} \cdot X_{hem}) / (X_{mt} \cdot X_{ilm})] = -8155/T + 4.59$$

معادلهٔ ۲ :

$$\ln a_{O_2}^{2} = \ln[(X_{mt})^2 (X_{ilm})^6 / (X_{Ulv})^6 \cdot (X_{Ulv} X_{hem} / X_{mt} X_{ilm})^{10.502}] - 4.94$$

همچنین با استفاده از معادلهٔ ۲ اکسیژن فیوگاسیتی بر مبنای ($\log_{10}$) برابر با ۱۳ محاسبه شده است. با توجه به وجود فاز آمفیبول نوع کرسوتایت (Kaersutite) در این زینولیت و با استفاده از روش پیشنهادی (Hammarstrom & Zen, 1986) درجات حرارت و فشار ۹۳۰°C و بیش از ۷kb کیلوبار (فشار) را می‌توان محاسبه نمود. با توجه به کلیهٔ عوامل و فاکتورها و درجات حرارت و فشاری که در فوق بدان اشاره شد پذیرش فشارهای زیر ۱۰ کیلو بار یعنی ۹/۵ - ۸ و حرارتهای ۱۱۲۰°C - ۸۵۰°C را برای تشکیل این گونه ساخت و بافتهای کرونا می‌توان پذیرفت. این فشارها از نظر عمق معادل با اعماق ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری زمین می‌باشد که با توجه به وضعیت ساختمانی جزیره سائومیگل 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 مخصوصا اولیوین بیشتر از این قابل تحمل نبوده اتفاق بیفتد. آنچه مسلم است در نمونه های زینولیت با ترکیب گابروئی فازهای اولیوین غنی از منیزیم و اسپینلهای غنی از Mg ، Al ، Cr بشدت ناپایدار بوده و ناچارا با انجام واکنشهای مناسب در تحت شرایط Sub - Solidus بخشا از بین رفته است، و نهایتا منجر به تشکیل بافتهای متداخل و کرونا گردیده است.

---

2- mt = magnetite , hem = haematite, Ulv = Ulvospinel, ilm = ilmenite, $a_{O_2}$ = Oxygen activity.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

- نوع دوم از ساختهای کرونا مربوط به زینولیتهای یافت شده از انواع اولترامافیک و اختصاصا دونایت و ورلایت . (Wehrlite Dunite) هستند. تشکیل این نوع ساختهای کرونا چه از نظر شرایط فشار و حرارت و نتیجتا عمق تشکیل و چه از نظر نوع واکنش و مقیاس انجام آن با نوع اول یعنی نمونه های گابروئی متفاوت است. در نمونه های اخیر یعنی اولترامافیکها، فازهای اصلی تشکیل دهنده عبارتند از اولیوین، کلینوپیروکسن همراه با تیغه های اورتوپیروکسن و کرم اسپینل هم بصورت تیغه هائی در داخل کلینوپیروکسنها (بیشتر از نوع کرم دیوپسید) و هم بصورت بلورهای تمام شکل در داخل مخصوصا اولیوینها است. در نمونه های قبلی، فاز ناپایدار اصلی یعنی مرکز کروناها اولیوین بود در حالیکه در اینجا فاز ناپایدار اصلی بلورهای اسپینل غنی از Al است که در اثر واکنش از نوع Sub - Solidus با فازهای اطراف خود مخصوصا کلینوپیروکسن (کرم دیوپسید) و احتمالا فاز سیلیکاته دیگری مربوط به مرحله تاخیری فازهای کومولوس (Post Cumulus) با ترکیب پیروکسن وارد واکنش شده و تبادل یون نموده است.

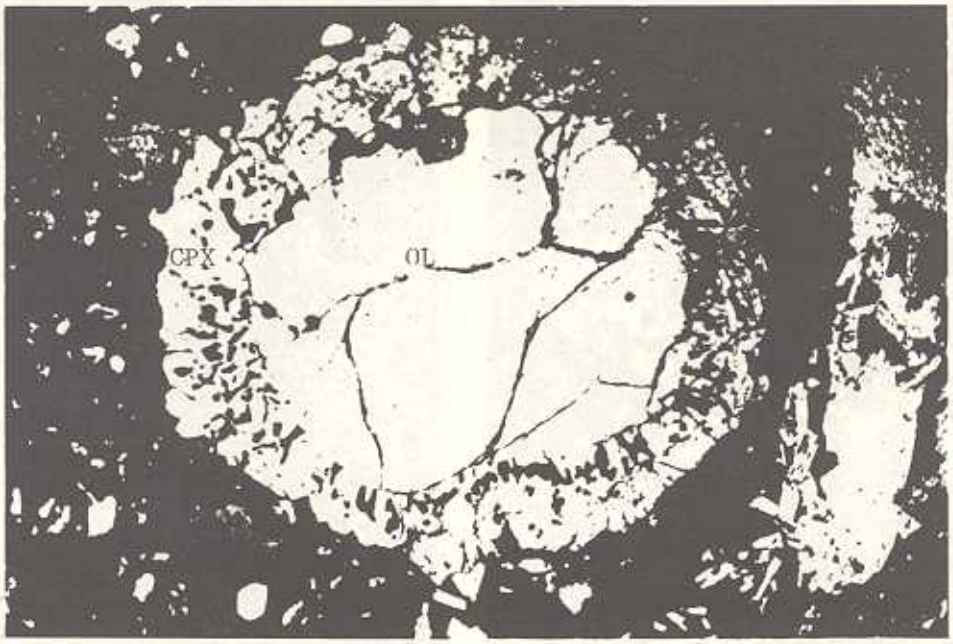
فلدسپات پلاژیوکلاز در هیچ مقیاس و میزان قابل ذکری در این نمونه ها موجود نیست، مگر در داخل همین بافتهای کرونا که مطمئنا بر اثر انجام واکنش میان فازهای مختلف مذکور حاصل شده است و نسبت به فازهای کومولوس و اولیه کاملا تاخیری و ثانوی است. و لذاست که فقط بصورت فاز حاصل از واکنش فازهای اولیه با همدیگر و احتمالا با مایعهای بین بافتی احتمالی تشکیل بافتهای متداخل از نوع Symplectitic Textures و نتیجتا (Corona Textures) بافت کرونا را می‌دهد، که مجموعه ای از فازهای اولیوین پیروکسن و اسپینل خواهد بود. (شکل ۲).

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

مطالعه آنها در حد درشتنمایی های زیاد و ا
حد استفاده از الکترون میکروپراب خواهد ب

در نوع اول به علت وجود آب (عام
پایین آمدن درجه ذوب و انجام ذوب بخ
نمی‌توان نادیده گرفت در حالیکه در نوع
وجود کانیهای هیدروکسیل دار وجود ندارد
ذوب بخشی و دخالت آن در تشکیل بافتهای
این نمونه ها علیرغم درجه حرارت بالاتر و
که تشکیل کرونا فقط از طریق واکنش lus
یونها از طریق انتشار (Diffusion) و از د
گرفته است. این موضوع بنابر دلایل قابل مش
های شیمیایی نقاط مختلف فازهای درگیر د
آنها بر روی نمودارها و نیز نقشه های ته
عناصر مختلف در فازهای موجود در با
بخوبی قابل اثبات است (شکلهای ۳ و ۴).
تبادل کاتیونها چه دو ظرفیتی و یا سه ظرف
تمرکز هر یک در بخشهای مختلف کروناه
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 مانندها یا جیب ها و پاکتهای ماگ
مربوط به فازهای کومولوس به تله افتاده
شده است. انجام این واکنشها هم از طریق
از طریق درز و شکستگی های موجود در او
جامد از میان فاز جامد بروش انتشا (n
است. بهترین حالت جانشینی اتمی در اسپ
از یکطرف و بین $Mg^{2+}$ و $Fe^{2+}$ از طر
سایر کاتیونها یعنی $Fe^{3+}$، $Ti^{4+}$ و $Ni^{2+}$

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]



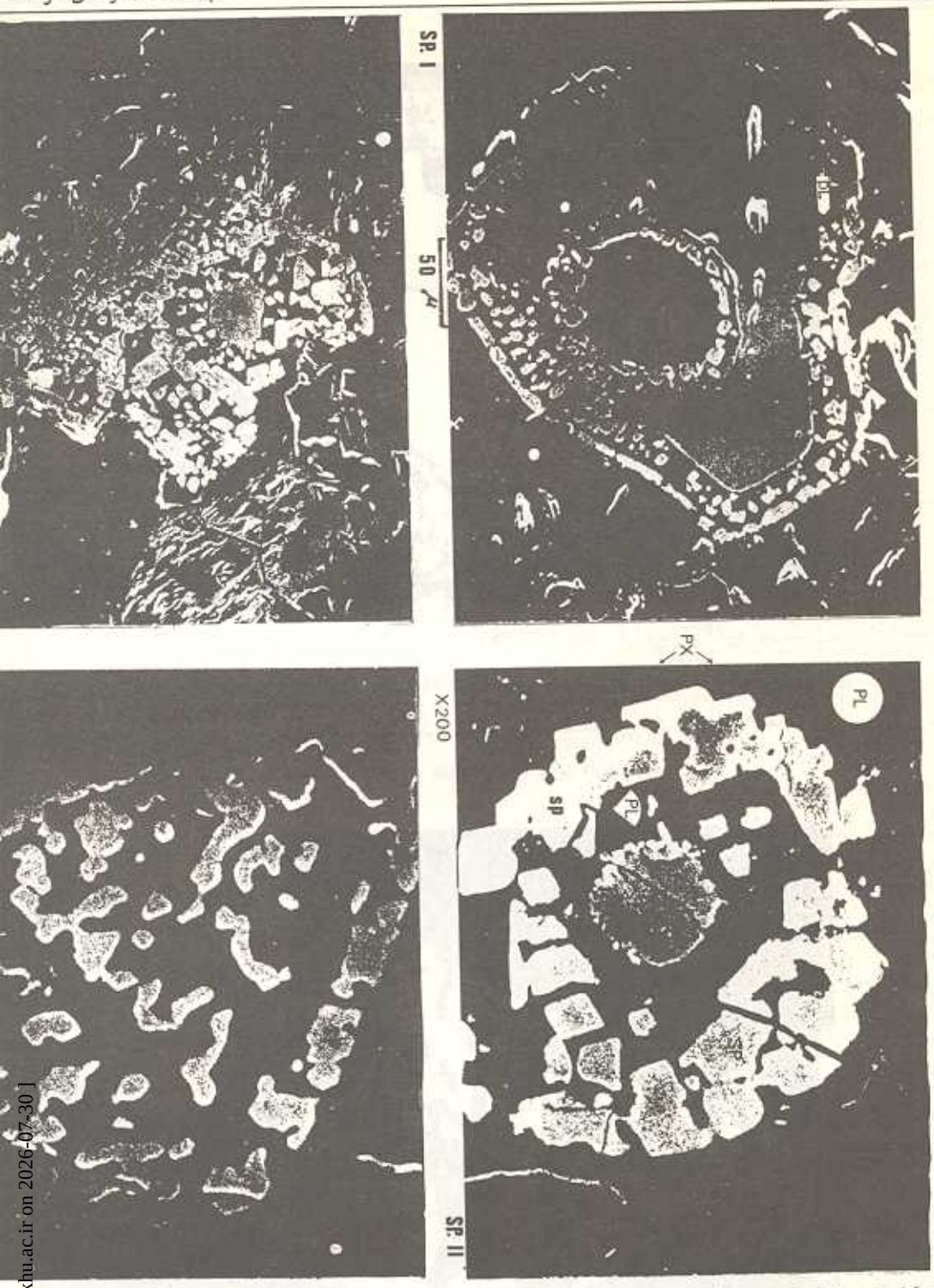

**شکل شماره ۱ a** : نمایش بافت کرونا در کرسوتیت - پیروکسن - پلاژیوکلاز - اسپینل - اولیوین - گابرو نوریت زینولیت شماره ۴۳۹۶ از جزیره سائومیگل ناحیه پونتا د فراریا (Sao Miguel ; Ponta de Ferraria). بطوریکه مشاهده می‌شود ناپایداری اولیوین بسبب انجام واکنش میان آن و پلاژیوکلازهای اطراف و یا مایع بین بافتی مشابه الترکیب 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 نگین وار در بر گرفته شده است.

**شکل 1.b** : قسمتی از بافت کرونای بالا با بزرگنمایی بیشتر. ۲۰۰× در نور پلاریزه.

مشاهدات فیزیکی و شیمیائی نشان می‌دهند که واکنش زیر به احتمال زیاد انجام پذیرفته است.

$$OL + PL \pm melt + O2 = PX + opq.$$

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]




شکل۲: I-IV : تصاویر نشاندهنده الگوها و طرحهای مختلفی از بافت‌های کرونا فازهای مختلف در مجموعه‌های کروم اسپینل I-IV می‌باشد. این کروم اسپینل‌ها در دا ورلیتی ۴۹۳۷ مادیر او جود دارد. توجه کنید که مجموعه‌های I-IV مراحل مختلف بیشت بافت کرونا از I به IV را نشان می‌دهد. تصاویر بطریقه BSI (Backscattering Image) با الکترون میکروپراب تهیه شده است و شدت و ضعف رنگها از نظر تراکم (در اینجا روشن متناسب با شدت تغییر ترکیب شیمیایی در اسپینل‌ها است. سعی شده است تا سرحدات مختلف بر روی هر شکل نامگذاری و مشخص گردد.

[ Downloaded from c4r2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

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

در کرونای انتخاب شده برای بررسی که کروی شکل است انجام واکنش احتمالا از طریق تماس مستقیم با کلینوپیروکسن شماره ۲ ($CPX_2$) (که خود این کلینوپیروکسن محتوی تیغه هایی از اورتوپیروکسن 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 لایه های 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 بشرح 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 کرونای فعلی که منجر به تشکیل بافت موجود شده بشرح زیر است:

CPX + Al-rich Sp = Cr-rich Sp + OL + PL

= اسپینل غنی از Al + کلینوپیروکسن (کرم دیوپسید)

پلاژیوکلاز + اولیوین + اسپینل غنی از Cr =

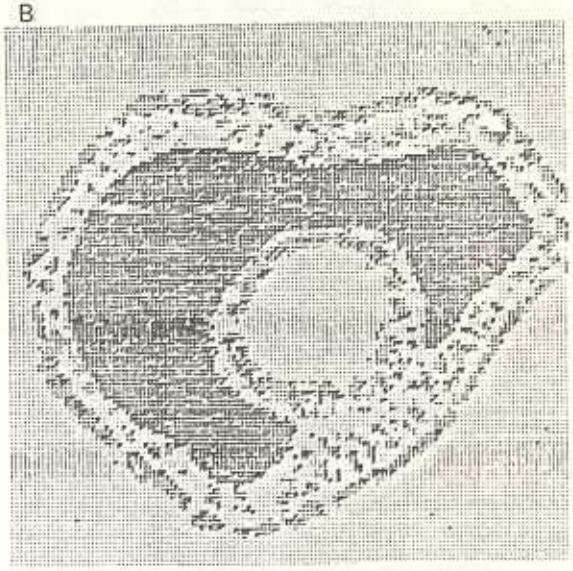
تغییرات و ترکیب کانی شناسی فازهای درگیر در واکنش های فوق در جدول شماره یک نشان داده شده است که با توجه به همه شواهد موجود بدون هیچ تردیدی واکنش تبدیل اسپینل های غنی از Al به اسپینلهای غنی از کرم Cr انجام شده است و دامنه تغییرات عناصر مربوط در بخشهای مختلف کرونا تابع میزان جانشینی کاتیونهای مربوط در هر 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 پلاژیوکلاز (PL) وارد عمل می‌شوند. با توجه به کارهای تجربی (Ringwood et. al.) رینگوود و همکاران امکان پایداری فلدسپاتهای پلاژیوکلاز از اعماق منطبق بر فشار بیش از ۱۰ کیلوبار یعنی حدودا ۳۰ کیلومتر بیشتر نیست و لذا شروع این واکنش باید در چنین اعماقی باشد. شروع و خاتمه اینگونه واکنش ها و تشکیل ساختهای کرونا بستگی به شرایطی چند دارد که در صورت وجود شرایط ایده آل دامنه گسترش ساخت کرونا می‌تواند به همهٔ 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 ژئوترمومتری و ژئوبارومتری برروی زینولیتهای حاوی این بافتهای مخصوص کرونا براساس روش اولیوین - اسپینل حرارت سنجی که توسط روئدر و همکاران ۱۹۷۹ (Roeder et. al.) پیشنهاد شده درجات حرارتی ۱۱۲۶°C - ۱۳۵۰°C (بطور متوسط ۱۲۲۰°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 ۱۳۵۰°C اتفاق افتاده باشد. چه آنچه که هم اکنون بررسی ها برمبنای 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.

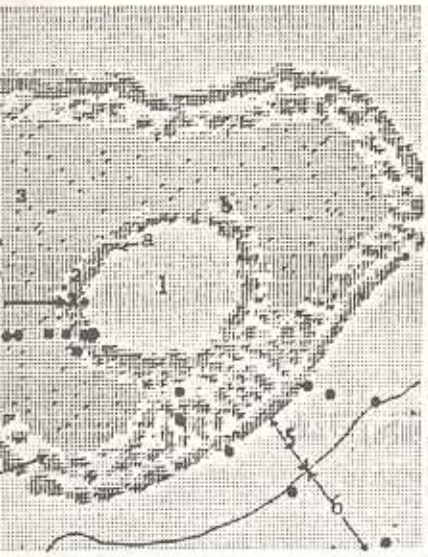
[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

نقشه توزیع Al منهای Ca برای کرم اسپینل ۱ نمونه ۴۹۳۷

B

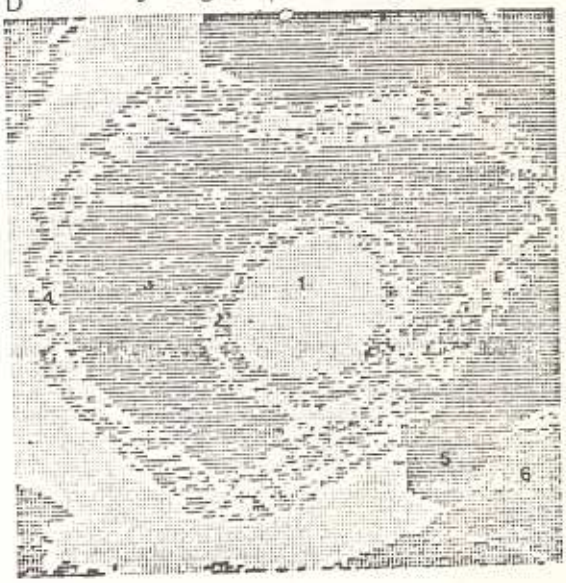


نقشه توزیع کسوم در کرم اسپینل ۱



نقشه توزیع Mg در کرم اسپینل ۱ نمونه ۴۹۳۷

D

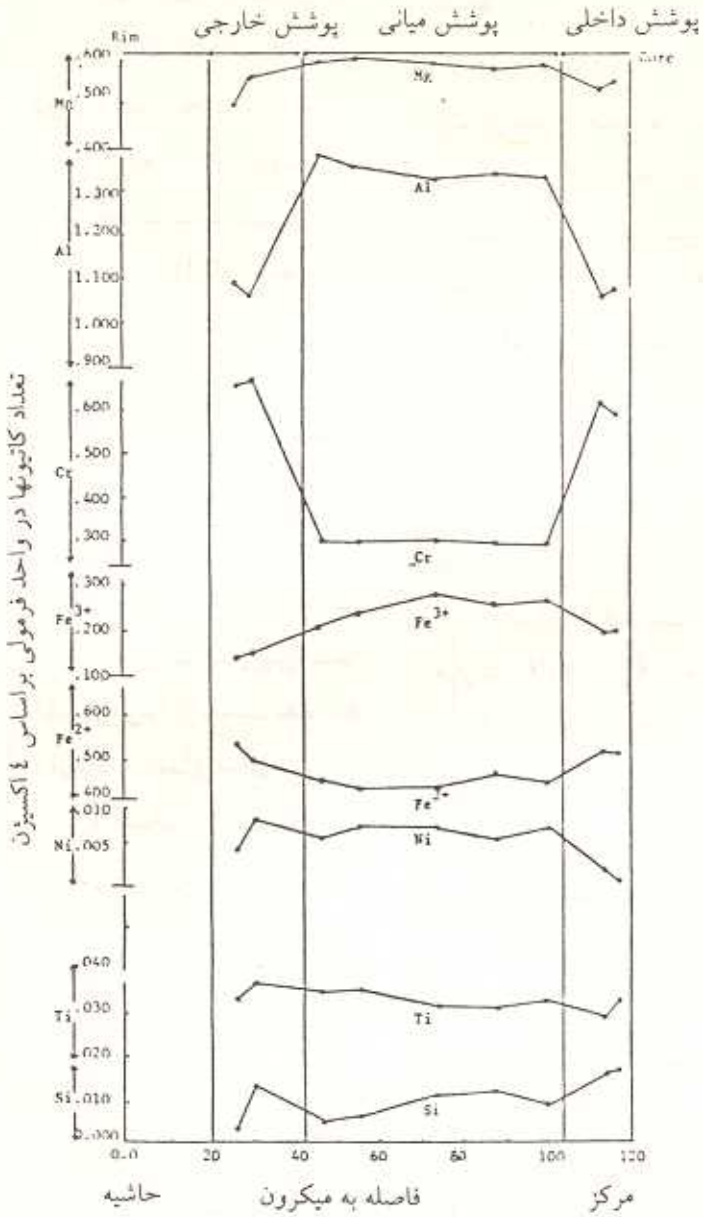


نقشه توزیع Si در کرم اسپینل ۱ شما

شکل ۳ a-d : نمایش دیژیمهائی برای کرونای 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 داشته ش
تراکم نقاط بر روی دیژیمپ 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 دوایر 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 نسبتا 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، اورتوپیروکسن، اسپینل اکسلوشن) دیژیمپها (igitgroups
الکترون میکروپراب تهیه شده است. درشتنمائی ۶۰۰×

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]




**شکل٤** : 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 کرونای شماره ۲ از زینولیت اولترامافیک ورلیتی شماره ٤٩٣٧ می‌باشد 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 می‌باشد توجه کنید. روند کلی تغییرات برای کاتیونها و فقط برای اسپینل نشانداده شده است. با توجه بیشتر به نمودار درخواهیم 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 فیزیکو شیمیائی حاکم بر محیط تشکیل کرونا بستگی دارد.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

- وجود کلینوپیروکسنهای از نوع کرم دیوپسید که محتوی تیغه های اورتوپیروکسن Exsolved Orthopyroxene Lamellae از نوع برونزیت 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 بوسیلهٔ لنزلی ۱۹۸۳ (D.H. Lindsley) 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 ایجاب می‌کند. در حالیکه درجات حرارتی محاسبه شده برای همین نمونه ها و نمونه های مشابه با استفاده از روش اولیوین - اسپینل حرارت سنجی درجات حرارتی ماگمایی یعنی تا ۱۳۵۰ را نشان می‌دهد که چنانچه این درجه حرارت را برروی نمودارهای هم فشار پیروکسنها منتقل کنیم معادل فشار تا ۳۰ کیلوبار می‌توانند بدست دهد. به عبارت دیگر عمق تشکیل زینولیتها مربوط به اعماق معادل فشار ۱۰ تا ۳۰ کیلوبار است. در حالیکه شرایط تشکیل کروناها احتمالا 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 $Fe^{2+,3+}$ 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 بافتهای کرونا تا تبدیل اسپینلهای کاملا غنی از Mg. Cr. Al به اکسیدهای آهن و تیتانیوم ادامه خواهد یافت که تشکیل این اکسیدها موید فشار و حرارتهای بسیار پایین تر است (شکل ۳) و دلیلی بر فعالیت بیشتر اکسیژن در این محیط ها است.

**نتیجه :**

۱- بافتهای کرونا بر اثر ناپایداری بعضی از فاز
اولیوین غنی از منیزیم و اسپینلهای غنی از Al و
نتیجه کاهش فشار و حرارت و کلا تغییر شرایط فیزیک
زینولیتها بر اثر انجام واکنش با فازهای ناپایدار مجاور
مایعهای بین بافتی مربوط به کومولوس تاخیری mulus
حتی ماگمای میزبان از طرق تماس مستقیم، نفوذ، و انت
Sub - Solidus اتفاق می‌افتد.

۲- بافتهای کرونا در زینولیتهای گابرونوریتی کر
هسته و مرکزیت اولیوین و در مقیاس ۵ - ۳ میلی
مطابق معادله OL + Liq = PX + SP حاصل می‌شود.

۳- شرایط تشکیل بافتهای کرونا در زینولیتهای گا
حرارت $1120^{\circ}C$ تا $850^{\circ}C$ و فشار کمتر از ۹ کیلوبا

۴- کروناهای موجود در زینولیتهای اولترامافیک
ناپایدار اسپینل غنی از $Mg^{2+}, Al^{3+}$ و بت
$Cr^{3+}, Fe^{2+}$ و سپس غنی از $Fe^{3+}, Ti^{4+}, Fe^{2+}$
این تغییر تدریجی کاتیونها از $Al^{3+}, Mg^{2+}$ به
سپس به $Fe^{3+}, Fe^{2+}, Ti^{4+}$ هماهنگ با جهت ک
حرارت و فعالیت بیشتر یون اکسیژن ($a_{O_2}$) می‌باشد.
جهت کاهش عمق پیش خواهد رفت.

۵- نتایج ژئوترمومتری و ژئوبارومتری عمق تشکی
اسپینلها و پیروکسنهای اولیه را اعماق منطبق بر فشا
۱۰kb و تا ۳۰kb تعیین می‌کند. حرارت تشکیل جه
ماگمائی بوده تا $1350^{\circ}C$ می‌رسد یعنی مانتو یا حج ف

۶- تشکیل بافتهای کرونا در این زینولیتها
Sub - Solidus و اعماق منطبق بر فشارهای کمتر از
می‌باشد. و حرارت تشکیل آنها نیز تابع شرایط این ما

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]



**جدول شماره ۱ – نمایش بعضی از مشخصه های شیمیائی مربوط به ساخت کرونا از کمپلکس شماره ۲ زینولیت ۴۹۳۷ جزیره مادیرا**

شماره ها به ترتیبی است که بر روی شکل شماره ۲ مشخص شده است

| موقعیت در کرونا | فاز | شماره کاتیونها برمبنای واحد فرمولی: OL=4(0) ، CPX=6(0) ، PL=8(0) ، SP=4(0 (اکسیژن) | | | | | | | | | | | | | | | | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Si | Ti | Al | Cr | $Fe^{2+}$ | $Fe^{3+}$ | Mn | Mg | Ca | Ni | Na | Mg.No An % | | | | | | |
| ۱) هسته (فضای خالی - نامعین) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۲) حلقه یا پوشش داخلی | اسپینل | | 1.070 | 0.580 | | 0.510 | 0.210 | | 0.540 | | | | 60.7 | | | | | | غنی از $Fe^{3+}$ , Cr |
| | پلاژیوکلاز | 2.37 | | 0.032 | | | 0.061 | | | | | 0.383 | | | | | | | |
| ۳) حلقه یا پوشش ضخیم میانی (جبه) | اسپینل | | | 1.350 | 0.299 | 0.444 | 0.250 | | 0.593 | | | | | | | | | | |
| ۴) حلقه یا پوشش خارجی | اسپینل | | | 1.405 | 0.632 | 0.546 | 0.159 | | 0.520 | | | | | | | | | | |
| | پلاژیوکلاز | 2.400 | | | 0.012 | | 0.033 | | | | | 0.430 | 57.6 | | | | | | |
| ۵) حلقهٔ اولیوین | اولیوین مجاور به اسپینل | 0.981 | 0.001 | 0.028 | 0.013 | 0.369 | | 0.005 | 1.590 | 0.007 | 0.004 | - | 81.0 | | | | | | نسبتا غنی از Cr ,Al |
| | اولیوین مجاور به کلینو پیروکسن | 0.986 | 0.001 | 0.008 | 0.002 | 0.365 | 0.000 | 0.000 | 1.632 | 0.007 | 0.003 | - | 81.6 | | | | | | نسبتا فقیر از Cr,Al |
| ۶) کلینو پیروکسن (اصلی) | کلینوپیروکسن اصلی | قسمت مجاور با اولیوین و اسپینل : نسبتا غنی از Na , $Fe^{3+}$ , Cr , Al , Ti | | | | | | | | | | | 80.85 | | | | | | |
| | | قسمت دور از اولیوین و اسپینل : نسبتا غنی از $Fe^{2+}$ , Si , Mg | | | | | | | | | | | 81.60 | | | | | | |

**جدول شماره ۲- نمایش نتایج تجزیهٔ شیمیایی فازهای موجود در زینولیت (٤٩٣٧) نوع ورلیت که محتوی کرونای ۲**

| اسپینل از کمپلکس II | | کلینو پیروکسن | | پلاژیوکلاز | | اورتو پیروکسن | | درصد اکسید ها در اولیوین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بخش ضخیم Mantle SA2517 | حلقه داخلی SA2516 | تعداد کاتیون براساس O6 | SA378 درصد اکسید ها | تعداد کاتیون بر مبنی O8 | درصد اکسید ها | تعداد کاتیون بر مبنی O6 | درصد اکسید ها | |
| 0.30 | 0.58 | 1.861 | 51.863 | 2.391 | 52.36 | 1.893 | 53.35 | 38.60 |
| 1.54 | 1.28 | 0.013 | 0.492 | 0.006 | 0.18 | 0.003 | 0.31 | 0.05 |
| 39.53 | 29.93 | 0.223 | 5.292 | 1.561 | 28.99 | 0.144 | 3.45 | 0.39 |
| 13.24 | 25.88 | 0.015 | 0.534 | 0.014 | 0.40 | 0.012 | 0.43 | 0.3 |
| 12.44<br>18.66 FeO | 8.34 $Fe^{3+}$<br>20.42 FeO | 0.267 | 8.895 | 0.039 | 1.14 | 0.051<br>0.277 | $Fe_2O_3$<br>1.93<br>9.35 FeO | 17.99 |
| 0.14 | 0.30 | 0.006 | 0.190 | 0.001 | 0.03 | 0.006 | 0.21 | 0.27 |
| 14.00 | 11.92 | 1.290 | 24.114 | 0.000 | 0.01 | 1.562 | 29.54 | 41.77 |
| 0.00 | 0.13 | 0.307 | 7.974 | 0.577 | 11.79 | 0.037 | 0.96 | 0.15 |
| 0.30 | 0.09 | 0.001 | 0.030 | 0.000 | 0.01 | 0.000 | 0.06 | 0.22 |
| 0.40 | V=0.53 | 0.052 | 0.753 | 0.399 | 4.51 | 0.007 | 0.11 | - |
| Zn=0.33 | Zn=0.10 | 0.000 | 0.000 | 0.016 | 0.27 | 0.001 | 0.02 | - |
| 100.88 | 99.71 | 4.034 | 100.109 | 5.005 | 99.69 | 3.999 | 99.67 | 99.46 |
| | | | 82.5 | | An%<br>59.3 | | 82.3 | 80.3 |

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

## Refrences :


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 reservioi and ocean island basalts. Nature, Vol. 301, 229 - 230.
8. Norry, M.J. and Saunders, A.D. 1988 (persona communication) The Significance and consequence Pb and Ta anomalies in Terrestrial magmas.
9. Powell, R. 1978 Equilibrium Thermodynamics i Petrology: an introduction. London, Harper & Row.
10. Powell, R., & Powell, M. (1977 a) Geothermomety ar oxygen barometry using coexisitng 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 olivin spinel geothermometer. Contrib. Mineral. Petrol. 68.
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, Tarbeyat 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 contineuous 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.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]

# میکروفاسیس ها و محیط رسوبی سازند مبارک در خاور تهران

یعقوب لاسمی - رحیم مهاری

گروه زمین شناسی - دانشگاه تربیت معلم تهران

## چکیده

سازند مبارک که مربوط به زمان کربونیفر زیرین (Viscan, Tournaisian) می‌باشد بیشتر از سنگهای کربناته پلانفرمی تشکیل شده است. بررسی دقیق پتروگرافی این سازند در مقاطعی از یال جنوبی تاقدیس آینه ورزان - دلیچای (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 می‌باشند.

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 کر رمپ (Ramp) با شرایط آب و هوایی گرم و خش خشک، مشابه سواحل جنوبی خلیج فارس (Trucial Coast) در نظر گرفته شده است.

## مقدمه

رشته کوههای البرز از نظر زمین شناسی از من ای بشمار می‌آید. ارائه پالئوژئوگرافی دقیق در زمانها و ارتباط آنها و نیز مقایسه قسمتهای مختلف البرز بدون مطالعات محیطهای رسوبی امکان پذیر نخو این راستا مطالعه محیطهای رسوبی هر کدام از جهت بوجود آمدن دانش پایه ای برای حل و توج 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 هرسی نین در حوضه واحد ساختمانی - رسوبی البرز - آذربایجان می‌باشد که بر روی طبقات سازند خوش ییلاق قرار گرفته است و مرز بالایی آن با ناپیوستگی مشخص می‌شود.

[ Downloaded from ijs4i2016.khu.ac.ir on 2026-07-30 ]